


DER JUNGE FUNKER

OTTO MORGENROTH

VOM SCHALTZEICHEN ZUM EMPFÄNGER-SCHALTPLAN





Der junge Funker · Band 15

Vom Schaltzeichen zum Empfängerschaltplan

OTTO MORGENROTH

Vom Schaltzeichen zum Empfängerschaltplan



Militärverlag
der Deutschen Demokratischen
Republik

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Dem Anfänger fällt es erfahrungsgemäß schwer, den aus Schaltzeichen bestehenden Schaltplan eines funktechnischen Gerätes oder einer Funktionseinheit richtig zu lesen. Die Ursache dafür ist oft zu geringe Kenntnis über den physikalisch-technischen Inhalt dieser Zeichen. Ohne diese Voraussetzungen kann man die „Zeichensprache" nicht richtig anwenden. Es müssen auch die praktischen Gesichtspunkte beachtet werden; man muß sie erkennen und verstehen, um ein funktionsfähiges Gerät aufbauen zu können.

Unsere Anleitung soll den funktechnisch interessierten Anfänger, den künftigen Funkamateur der Gesellschaft für Sport und Technik oder den jungen Radiobastler mit der Technik des Lesens von Schaltplänen vertraut machen. Dem gewissenhaften Leser hilft diese Broschüre, die vielseitigen Probleme nachrichtentechnischer Schaltungen zu lösen und sich darüber hinaus Voraussetzungen für das Studium der Fach- und Amateurliteratur zu erarbeiten. Auch für den polytechnischen Unterricht der Schulen wird die Thematik von Interesse sein. Ebenfalls können Funkmechanikerlehrlinge und Angehörige der Nachrichteneinheiten unserer Nationalen Volksarmee diese Broschüre für ihre Ausbildung benutzen.

An Hand von Prinzipschaltungen für Schaltungsteile, Schaltungsgruppen und vollständigen Schaltplänen wird die *Anwendung* der Schaltsymbole aufgezeigt, und es werden – in groben Zügen – Wirkungsweise, Aufbau und Anwendungsmöglichkeiten einzelner Bauelemente und Schaltungen erläutert. Eine ins einzelne gehende Darstellung dieses Komplexes findet der Leser in den Broschüren: *Funktechnische Bauelemente*, Reihe *Der praktische Funkamateur*, Band 23, 37 und 46. Diese Bände enthalten auch zahlreiche Abbildungen der Bauelemente, Diagramme, technische Daten und Angaben über das Fertigungsprogramm.

In den Broschüren 8 und 9 der Reihe *Der junge Funker* werden an Hand zahlreicher Schaltpläne von Baustufen und kompletten Empfangsgeräten Theorie und Praxis der Funkempfangstechnik umfas-

send behandelt, so daß diese Veröffentlichungen eine weitere Ergänzung unserer vorliegenden Anleitung sind.

Der Verfasser hofft, daß diese Broschüre dem Leser Anregungen und Hinweise für die praktische Arbeit geben möge.

Sonneberg, im Mai 1969 *Der Verfasser*

Vorwort zur 2. Auflage

Bedingt durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt wurde eine weitgehende Überarbeitung des Stoffes notwendig. Den in letzter Zeit erfolgten Änderungen standardisierter Schaltzeichen wurde auf diese Weise in vollem Umfang Rechnung getragen. Zahlreiche Teilschaltungen, Baugruppen und vollständige Schaltungen mußten dem neuesten Stand der Technik angepaßt werden.
Neben der Verbesserung der Systematik des Stoffes konnte durch Angleichung der Bildmaßstäbe auch eine optimale Homogenität erzielt werden.

Sonneberg, im Sommer 1973 *Der Verfasser*

1. Einleitung

Die in der Radiotechnik ursprünglich verwendeten Schaltzeichen, mit teilweise bildhaftem Charakter, waren in keiner Weise zweckmäßig. Man ging daher bald dazu über, sie zu vereinfachen und zu vereinheitlichen. Das moderne System ist durch standardisierte Symbole gekennzeichnet. Sie ermöglichen die Darstellung übersichtlicher Schaltungen mit relativ geringem Zeitaufwand (DDR-Standards für nachrichtentechnische Bauelemente findet man in TGL 16005 bis 16014, 16016, 16020 und 16032).

Was ist ein Schaltzeichen, ein Schaltplan, eine Schaltung? Diese Fragen bedürfen der Klärung. Das Schaltzeichen oder Schaltsymbol ist eine sinnbildliche zeichnerische Darstellung für ein Bauelement oder Zubehörteil (Leitungen, Steckbuchsen, Steckerstifte, Antennen u. a. m.). Jedes Schaltzeichen symbolisiert nur *ein* Bauelement. Die sinngemäße Zusammenstellung der durch gerade Linien miteinander verbundenen Schaltzeichen ergibt den *Schaltplan.* Mit anderen Worten: Der Schaltplan ist eine zur Einheit gefügte zeichnerische Darstellung der durch Symbole gekennzeichneten Bauelemente. Diese Einheit ist auch in der Praxis eine *Schaltung*, die Zusammenfassung einzelner Bauteile und Baugruppen durch Verdrahtung oder in der gedruckten Schaltung zu einem funktechnischen Gerät.

In der Reihenfolge der Stufen, etwa Hochfrequenzverstärker – Mischstufe – Zwischenfrequenzverstärker – Demodulator – Niederfrequenzverstärker – Stromversorgungsteil, entspricht der Schaltplan zwar dem Schaltungsaufbau, gibt aber keinen Aufschluß über die konstruktive Anordnung der einzelnen Bauteile. So muß beispielsweise beim Bau eines Empfangsgerätes beachtet werden, daß von außen zu bedienende Teile, wie Wellenschalter, Lautstärke- und Klangregler, Abstimm- und ggf. Rückkopplungskondensatoren, an der Vorderfront des Chassis anzubringen sind. Dabei wird häufig eine symmetrische Anordnung verlangt. Analoges gilt für die Chassisrückseite, an der sich normalerweise Antennen- und Erdanschluß, Anschlüsse für Tonabnehmer, Magnettongerät und Außenlautsprecher

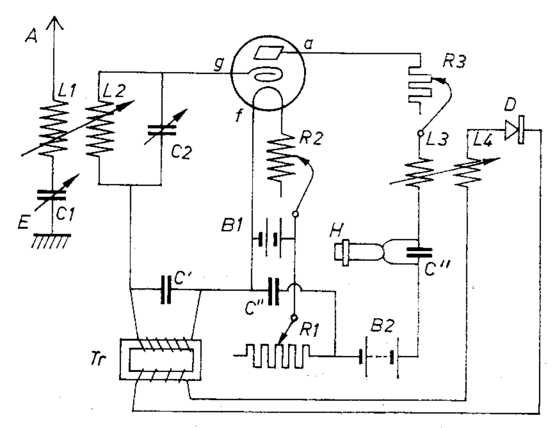


Bild 1.1.
Schaltplan eines Reflexempfängers aus den 20er Jahren
A – Antenne; E – Erdung; a – Anode; g – Gitter; f – Heizfaden (Katode); L1 – Antennenspule; L2 – Gitterspule; L3 – Anodenspule; L4 – Kopplungsspule; C1 – Antennenkondensator; C2 – Gitterkreiskondensator; C′, C″, C‴ – Überbrückungskondensatoren; R1 – Gitterwiderstand; R2 – Heizwiderstand; R3 – Anodenwiderstand; D – Detektor (Demodulation); H – Hörer (Kopfhörer); Tr – NF-Transformator; B1 – Heizbatterie; B2 – Anodenbatterie

befinden. Dies alles erfordert besondere Aufmerksamkeit bei der Anordnung der organisch zugehörigen Bauelemente und der Verlegung der Zuleitungen.

Im Stromlaufplan finden sich keine Anhaltspunkte dafür, ob eine Leitung möglichst kurz sein muß oder ob sie willkürlich verlegt werden darf; mit einem Wort: ob sie *kritisch* ist. Eine kritische Leitung neigt zu Verkopplungen — durch elektrische Streufelder hervorgerufen — und kann somit selbst ungünstig beeinflußt werden. Um diese Störfaktoren auszuschließen, sollte der Grundsatz beachtet werden, daß alle Hochfrequenz- und Tonfrequenz führenden Leitungen auf kürzestem Wege zu verlegen sind bzw. die Bauteile derart angeordnet werden müssen, daß sich zwangsläufig kürzeste Leitungsverbindungen ergeben. Solche Maßnahmen beziehen sich auf alle Gitter- und Anodenleitungen, Verbindungen von Spulen zu den Abstimmitteln (Drehkondensatoren, Abstimmvariometern) und Wellenschaltern, Leitungen zum Lautstärke- und Klangregler sowie auf

Leitungszweige mit Überbrückungskondensatoren und die Zuleitung zum Antennenanschluß. Weiter muß vermieden werden, daß kritische Leitungen in geringen Abständen parallel verlaufen oder an einzelnen Stellen zu nahe beieinander liegen. In speziellen Fällen sind die Leitungen metallisch abzuschirmen.

Den *Erdungspunkten* ist ebenfalls größte Aufmerksamkeit zu schenken. Im Schaltplan sind sie nicht definiert! Wir beachten, daß bei der Verdrahtung von Geräten die Erdung, für jede Stufe gesondert, an einem gemeinsamen Punkt der Erdschiene erfolgt. Diese Maßnahme ist in Kurz- und Ultrakurzwellenschaltungen besonders notwendig. Zu einem gemeinsamen Erdungspunkt werden dabei jeweils das „kalte“ Ende (Erdende) der Spulen, der Rotor des Abstimmkondensators, der Gitterwiderstand, der Katodenwiderstand und die Schirmung der Überbrückungskondensatoren geführt. (Bild 1.2.) Diese Verbindung erfolgt mit nicht zu dünnem Draht.

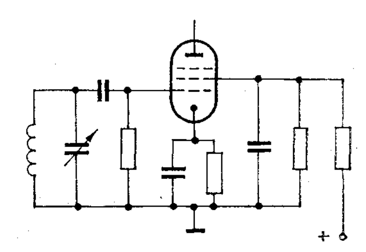


Bild 1.2.
Gemeinsamer Erdungspunkt einer HF-Stufe

Der Anfänger wird sich im Laufe seiner Tätigkeit die Kenntnisse der Schaltungstechnik aneignen müssen, die ihn befähigen, ein optimal funktionierendes Gerät aufzubauen und zu schalten. Eine Schaltung, auch eine unkomplizierte, muß mit Überlegung entworfen und den schaltungstechnischen Grundsätzen entsprechend realisiert werden. Auf die Dauer kann eine reine Basteltätigkeit nicht befriedigen. Man sollte unbedingt eine amateurgemäße Qualifikation anstreben.

Unsere einleitenden Ausführungen sollen mit dem Hinweis schließen, daß der Anfänger mit dem Entwurf und der Konstruktion eines einfachen Empfangsgerätes beginnt und sich erst dann, wenn er hinreichende Erfahrungen gesammelt hat, an einen größeren Super heranwagt. Der Bau dieses Gerätes verlangt viel Können, denn die Schwierigkeiten wachsen mit dem Komfort, den der „ausgewachsene“ Super aufweist.

2. Allgemeine Schaltzeichen

2.1. Leitungen

2.1.1. Leitung allgemein

Bild 2.1. Leitung allgemein

Im Schaltplan werden die Leitungen als einfache gerade Linien gezeichnet, sofern nicht eine spezielle Art der Leitung ein anderes Schaltzeichen bedingt.

Der Begriff Leitung umfaßt im wesentlichen die elektrische Verbindung einzelner Bauteile und Baugruppen sowie Masseverbindungen und Zuleitungen innerhalb des Gerätes.

In der herkömmlichen Schaltungstechnik verwendet man als Leitermaterial Kupferdraht. Der Querschnitt der Leitung ist den jeweiligen Erfordernissen anzupassen. Der Leitungswiderstand sollte so gering wie möglich bleiben. Um eine gegenseitige Berührung (Kurzschluß) zu verhindern, werden im gegebenen Fall isolierte Drähte benutzt. Das Isoliermaterial ist ein thermoplastischer Kunststoff oder ein mit Lack getränktes Textilgewebe (Rüschschlauch).

Das moderne Verfahren der Leitungsführung ist die *gedruckte Schaltung*. Als Leitungsträger dienen Kunststoffplatten (Schichtpreßstoffe, z. B. Hartpapier), die mit einer 3,5 μm dicken Kupferfolie überzogen sind. Bei einer der vielfältigen Ausführungen wird das Verdrahtungsmuster mit säurefester Tinte oder Tusche auf die Folie aufgedruckt. Danach werden die nichtbedruckten Partien der Folie in einem Säurebad aufgelöst, so daß die gedruckte „Verdrahtung" übrigbleibt (Folienätztechnik).

2.1.2. Abgeschirmte Leitung

Bild 2.2. Abgeschirmte Leitung, ausführlich

Bild 2.3. Abgeschirmte Leitung, vereinfacht

Die abgeschirmte Leitung besteht aus isoliertem Draht, der in einem metallischen Geflecht (Kupfer oder Kupferbronze) eingelagert ist. Sie wird angewendet, wenn sich längere hoch- oder tonfrequenz-

führende Verbindungen nicht vermeiden lassen. In der Praxis beschränkt sich die Anwendung der abgeschirmten Leitung auf Verbindungen zum Tonabnehmeranschluß, Lautstärke- und Klangregler sowie auf Gitter- und Anodenleitungen. Der Abschirmmantel muß geerdet werden.

2.1.3. Koaxialleitung

Bild 2.4. Koaxialleitung

Axialsymmetrische Leitungen werden gelegentlich in UKW-Schaltungen als Verbindungsstück benutzt.

Hauptsächliche Anwendung findet sie in der Antennenkonstruktion als Speiseleitung, Anpaßglied und Antennentransformationsglied.

2.1.4. Verdrillte Leitung

Bild 2.5. Verdrillte Leitung

Diese Leitung besteht aus zwei isolierten Drähten. Durch die Verdrillung heben sich die elektrischen Felder, die andere Leitungen beeinflussen können, gegenseitig auf.

Die verdrillte Leitung ist im wesentlichen für Wechselstrom führende Heizleitungen gebräuchlich.

2.1.5. Leitungskreuzung

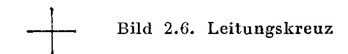


Bild 2.6. Leitungskreuz

Dieses Schaltsymbol ist durch die Darstellungsweise im System des Schaltplanes bedingt, in dem sich zwar Leitungskreuzungen mitunter vermeiden, doch den Schaltplan unübersichtlicher erscheinen lassen. Selbstverständlich darf in der Schaltung selbst eine gegenseitige Berührung der Leitungen nicht stattfinden.

2.1.6. Leitungsverbindung, Abzweigung

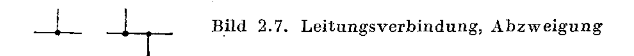


Bild 2.7. Leitungsverbindung, Abzweigung

Das Symbol stellt die elektrische Verbindung von zwei oder mehreren Leitern dar; sie kann durch Löten, Schweißen oder Verschrauben erfolgen. Die Verbindung muß sorgfältig geschehen, um Übergangswiderstände zu vermeiden.

2.2. Abschirmung

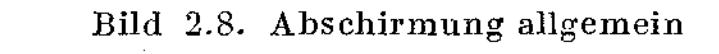


Bild 2.8. Abschirmung allgemein



Bild 2.9.
Abschirmung, wirksam für eine Gruppe von Bauelementen oder eine Baueinheit

Um den Einfluß elektrischer oder magnetischer Felder auf Schaltelemente (Spulen, Drosseln, Transformatoren), Baugruppen (Schwingkreise, Bandfilter) oder vollständige Geräte zu beseitigen bzw. deren Störeinflüsse auszuschließen, ist eine teilweise oder vollständige metallische Abschirmung erforderlich. Hilfsmittel sind: Abschirmzylinder, -töpfe, -hauben und -wände aus Aluminium oder Kupfer; zur Abschirmung magnetischer Felder: Eisen. Die Abschirmung wird an Masse (s. 2.3.) gelegt.

2.3. Masseverbindung

Bild 2.10. Masseverbindung

Die Masse wird durch das Metallchassis oder eine Erdschiene (Leitung mit großem Querschnitt) dargestellt. In den meisten Fällen ist die Masse der Nulleiter (der geerdete Leiter).

2.4. Erdverbindung



Bild 2.11. Erdverbindung

Das Symbol kennzeichnet den Anschluß eines Gerätes an einen Erdungspunkt. Dieser soll einen möglichst kleinen Erdungswiderstand haben. Wasserleitungsrohrnetze und einwandfreie Blitzableiter erfüllen diese Bedingung. Der Querschnitt der Verbindungsleitung (Erdleitung) zum Erdungspunkt soll groß sein.

2.5. Begrenzungslinie

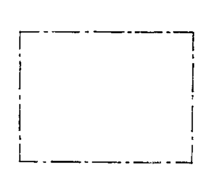


Bild 2.12. Begrenzungslinie

Das Zeichen symbolisiert die Abgrenzung der verschiedenen Baustufen, ggf. auch von Teilschaltungen und Schaltungskomplexen.

2.6. Spannungs- und Stromarten

Bild 2.13. Gleichspannung, Gleichstrom, allgemein

Bild 2.14. Wechselspannung, Wechselstrom, allgemein

Bild 2.15. Wechselspannung, Wechselstrom, im Bereich der Tonfrequenz

Bild 2.16. Wechselspannung, Wechselstrom, im Bereich der Hoch- und Ultraschallfrequenz

Bild 2.17. Gleich- oder Wechselstrom

Bild 2.18. Pulsierender Strom

2.7. Elektrochemische Stromquellen

Bild 2.19. Galvanisches Element, Akkumulator

Bild 2.20. Galvanisches Element, Akkumulator, aus mehreren Zellen bestehend

Zur Stromversorgung vom Lichtnetz unabhängiger nachrichtentechnischer Geräte dienen *galvanische Elemente*, die Energie chemischer Reaktionen zur Stromerzeugung ausnutzen, und *Akkumulatoren* (Sammler), die elektrische Energie auf elektrochemischem Wege speichern.

Im Symbol stellt der lange Strich den Pluspol (+) dar. Wenn erforderlich, wird der Spannungswert angegeben.

2.8. Antenne

Bild 2.21. Antenne allgemein

Bild 2.22. Empfangsantenne

Bild 2.23. Sendeantenne

Bild 2.24. Sende- und Empfangsantenne

Das Schaltzeichen *Antenne allgemein* wird für sämtliche Ausführungsformen (mit Ausnahme des Dipols und der Ferritstabantenne) verwendet. Schaltzeichen 2.22. gilt speziell für die Empfangsantenne, 2.23. für die Sendeantenne und 2.24. für die Sende- und Empfangsantenne.

Antennen für Lang-, Mittel- und (meist) auch Kurzwellenempfang sind die L- und die T-Drahtantenne, die vertikale Stabantenne – vorwiegend mit abgeschirmter Zuleitung – und die Teleskopantenne für Autoempfänger und Koffergeräte. Für den Amateur-Kurzwellenempfang sind spezielle Ausführungsformen vorgesehen. Bei den Amateuren beliebte KW-Antennen sind: Marconi-, Rhombus-, Groundplane- und V-Antenne.

2.8.1. Dipolantenne

Bild 2.25. Dipolantenne

Das Symbol gilt für sämtliche Konstruktionen. Der Dipol ist eine symmetrische Antenne, die aus einem gestreckten oder gefalteten, in der Mitte unterbrochenen Metallrohr oder Draht besteht: einfacher oder gestreckter Dipol, Falt- oder Schleifendipol. Die Dipollänge beträgt allgemein $\frac{\lambda}{2}$ (Halbwellendipol). Mit zusätzlichen Antennenelementen [Reflektor und Direktor(en)] wird die Richtwirkung des Systems erhöht und ein größerer Gewinn erzielt. Beim Anschluß dieser Antennen muß ihr Fußpunktwiderstand berücksichtigt werden, damit eine optimale Anpassung an die Energieleitung erfolgen kann.

2.8.2. Ferritantenne



Bild 2.26. Ferritantenne

Die Ferritantenne besteht aus einem 5 bis 20 cm langem mit Spulen bewickelten Stab. Sie ist nur für Mittel- und Langwellenempfang gut geeignet. Ihre Empfindlichkeit ist zwar nicht groß, doch wird dieser Nachteil durch die Richtwirkung ausgeglichen. Diese kann zur Erhöhung der Trennschärfe und zu weniger störanfälligem Empfang beitragen.

In Heimempfängern ist eine eventuell vorhandene Ferritantenne um 180° oder 360° drehbar angeordnet; in Koffer- und Taschenempfängern wird sie fest eingebaut.

2.8.3. Rahmenantenne

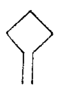


Bild 2.27. Rahmenantenne

Rahmenförmige Antennen haben eine Richtwirkung und werden heute nur noch in Verbindung mit dem Fuchsjagdempfänger benutzt.

3. Schaltzeichen für Bauelemente

3.1. Widerstand mit linearer Strom-Spannungs-Charakteristik

3.1.1. Widerstand allgemein

Bild 3.1. Widerstand allgemein

Die Anwendung des Widerstandes – Symbol R, Maßeinheit Ω (Ohm) – $1\Omega = \frac{1\,\mathrm{V}}{1\,\mathrm{A}}$ – ist sehr vielseitig. In der Funktechnik werden *Schicht-*, *Masse-* und *Drahtwiderstände*, einstellbare, verstellbare und selbsttätig stetig verstellbare Widerstände – letztere als temperatur- oder spannungsabhängige Bauelemente – benutzt.

Das Kennzeichen des *Schichtwiderstandes* ist eine aus einem Material mit hohem spezifischem Widerstand auf einem Tragkörper aus Isolierstoff aufgebrachte Schicht. Art des Beschichtungsmaterials, Schichtdicke und Größe der Fläche bestimmen den Widerstandswert und die zulässige elektrische Belastung. Eine in die Schicht eingeschnittene Wendel ergibt größere Widerstandswerte bei kleinen Dimensionen. Die Schicht ist zum Schutz gegen äußere Einflüsse mit einem Speziallack überzogen. Die Armatur besteht aus Metallkappen mit Lötfahnen, axialen Drahtanschlüssen oder Schellen. Dem Schichtmaterial entsprechend gibt es

- Gemischwiderstände (Schicht aus einem Gemisch aus Ruß oder Graphit und einem Kunstharzlack),
- Glanzkohlewiderstände (Schicht aus kristalliner Glanzkohle),
- Borkohlewiderstände (Schicht aus Kohle mit Borzusatz),
- Kolloidwiderstände (Schicht aus Kolloidkohle),
- Metallschichtwiderstände (hauchdünne Metallschicht).

Der *Massewiderstand* ist ein aus einem Gemisch von kleinsten Partikeln leitfähigen Materials und einem Bindemittel im Sinterverfahren geformter Widerstand. Zur Strombelastung wird der Querschnitt des Vollkörpers ausgenutzt. In der DDR wird diese Ausführung nicht mehr hergestellt. Die heute gebräuchlichen *Volumenwiderstände auf Halbleiterbasis* (Mg-Ti-Spinell) haben ähnliche Eigenschaften. Sie werden vorwiegend in Transistorgeräten angewendet.

Bei *Drahtwiderständen* ist ein Isolierträger (Voll- oder Hohlkörper)

aus keramischem Material mit oxydiertem oder emailliertem Widerstandsdraht (Konstantan, Nickelin, Chromnickel) bewickelt. Den mechanischen Schutz der Wicklung gewährt eine Lack-, Glas- oder Zementschicht. Die Anschlußarmaturen entsprechen denen der Schichtwiderstände. Die Widerstandswerte sind auf einige Kiloohm begrenzt. Drahtwiderstände werden dort angewendet, wo es auf große Belastbarkeit ankommt. Festwiderstände werden als Anoden- und Gitter-, Ableit-, Sieb-, Dämpfungs-, Vor- und Belastungswiderstand eingesetzt.

3.1.2. Widerstand mit Anzapfungen

Bild 3.2. Widerstand mit Anzapfungen

Für diese Bauart kommen Drahtwiderstände in Betracht. Die Anwendung dieses „festen Spannungsteilers“ erstreckt sich im wesentlichen auf die Erzeugung der Gittervorspannung für die Endröhre einer Verstärkerschaltung.

3.1.3. Darstellung der Belastbarkeit von Festwiderständen (TGL 16008)

In modernen Schaltungen, zumindest in denen der Industrie, ist die Belastbarkeit der verwendeten ohmschen Festwiderstände im Schaltzeichen angegeben.

1/20 W = 0,05 W
1/8 W = 0,125 W
1/4 W = 0,25 W
1/3 W = 0,33 W
1/2 W = 0,5 W
3/4 W = 0,75 W
1 W
1,5 W
2 W
2,5 W
3 W
> 3 W

Bild 3.3. Darstellung der Belastbarkeit von Festwiderständen (TGL 16008)

3.1.4. Einstellbarer Widerstand (Trimmwiderstand)

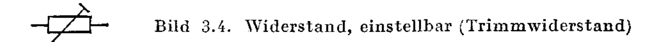


Bild 3.4. Widerstand, einstellbar (Trimmwiderstand)

Dieser Einstellregler wird für eine einmalige Einregelung, den Abgleich, benutzt. Gelegentlich kommt diese Bauart auch als „Entbrummer“ zum Einsatz (Parallelschaltung zu den Heizfäden direktgeheizter Röhren, die mit Wechselstrom gespeist werden). Es gibt sowohl Schicht- als auch Drahttrimmwiderstände.

3.1.5. Stetig verstellbarer Widerstand

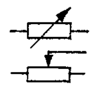


Bild 3.5.a Widerstand, stetig verstellbar, vereinfacht

Bild 3.5.b Widerstand, stetig verstellbar, ausführlich

Das Bauelement ist ein stetig (kontinuierlich) regelbarer Spannungsteiler. Die verfügbare Spannung liegt an den beiden äußeren Enden der Widerstandsbahn (Kennzeichnung: A = Anfang und E = Ende). Mit einem Schleifer S kann innerhalb des Gesamtwiderstandes ein beliebiger Widerstandswert eingestellt und damit ein entsprechender Spannungsabfall erzeugt werden. Je nach dem Verwendungszweck ist die Regelkennlinie, die die Abhängigkeit des Widerstandswertes vom Drehwinkel kennzeichnet, verschieden. Bei der arithmetischen (linearen) Regelkurve ist die Widerstandskurve dem Drehwinkel proportional, bei der Kurve mit positivem oder negativem logarithmischem (exponentiellem) Regelbereich bleibt dieser am Anfang oder am Ende zusammengedrängt.

Vorzugsweise sind hochohmige Schichtwiderstände (maximale Belastung 2 W), gelegentlich auch Drahtwiderstände, gebräuchlich. Potentiometer mit linearer Widerstandskurve werden zur Rückkopplungsregelung im Pentodenaudion verwendet. Für Lautstärke- und Klangregelung sind Potentiometer mit logarithmischer Charakteristik üblich.

3.2. Widerstand mit nichtlinearer Strom-Spannungs-Charakteristik

Je nachdem, ob das Bauelement temperatur- oder spannungsabhängig ist, rufen Temperatur- oder Spannungsänderungen Verschiebungen des Widerstandswertes hervor. Wichtige Vertreter dieser Kategorie von Widerständen sind der Thermistor (Heißleiter) und der Varistor.

3.2.1. Temperaturabhängiger Widerstand (Heißleiter)

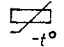


Bild 3.6. Heißleiter, Thermistor

Wegen des großen negativen Temperaturkoeffizienten (*n*egative *t*emperature *c*oefficient) werden diese Widerstände auch als NTC-Widerstände bezeichnet. Ihr Aufbau ist, von Spezialausführungen abgesehen, dem normalen Widerstand ähnlich. Das Bauelement besteht aus Mischoxiden aus zwei oder mehreren Komponenten, z. B. Magnesium-Titan-Spinell, Magnesium-Nickeloxid unter Zugabe von Kobalt. Da der Heißleiter einen sehr großen negativen Temperaturbeiwert hat, nimmt der Widerstand mit zunehmender Erwärmung ab. Diese ist durch den Stromdurchgang bedingt, wird aber auch durch äußere Einflüsse hervorgerufen (Thermistor).

Auf funktechnischem Gebiet ergeben sich gute Anwendungsmöglichkeiten: Unterdrückung des Einschaltstromstoßes bei Fernsehempfängern (Heißleiter mit Vorwiderstand im Heizstromkreis), Verhinderung der Stromkreisunterbrechung bei Ausfall einer Skalenlampe im Empfangsgerät (Heißleiter parallel zu den Skalenbeleuchtungslampen geschaltet), Spannungsstabilisierung, hochfrequente Leistungsmessung.

3.2.2. Spannungsabhängiger Widerstand (Varistor)



Bild 3.7. Varistor

Diese Bauelemente sind auch unter der Bezeichnung *VDR* (*v*oltage *d*ependent *r*esistor) bekannt. Varistor ist aus *var*iable res*istor* entstanden.

Varistoren sind kreisförmige Scheiben aus Siliziumkarbid. Der Widerstandsverlauf dieses nichtlinearen Bauelementes wird von der Spannung bestimmt; der Strom ist der angelegten Spannung nicht proportional. Varistoren haben einen negativen Temperaturbeiwert. Bei konstantem Strom nimmt die Spannung um etwa 15 % je °C ab, der Strom um 0,5 bis 0,8 % zu.

Der Varistor ist vielseitig verwendbar. Eine hervorragende Rolle spielt er im Fernsehgerät; hier unterdrückt er die in der Vertikalablenkstufe auftretenden Spannungsspitzen.

3.2.3. Widerstandsdarstellung für Ersatzschaltpläne (TGL 16008)

Ersatzschaltungen sind vereinfachte und damit übersichtliche zeichnerische Darstellungen für komplizierte Schaltungen. Aus einem Ersatzschaltplan läßt sich die Wirkungsweise der jeweiligen Schaltelemente innerhalb der Schaltung verhältnismäßig leicht darstellen bzw. berechnen.

Symbol	Bezeichnung	
R	Wirkwiderstand	– Resistanz
X	Blindwiderstand	– Reaktanz
X_L	Induktiver W.	– Induktanz
X_C	Kapazitiver W.	– Kondensanz
Z	Scheinwiderstand	– Impedanz

Bild 3.8. Widerstandsdarstellung für Ersatzschaltpläne (TGL 16008)

3.3. Kondensator (Kapazität)

Bild 3.9. Kondensator allgemein

Der Kondensator – Symbol C, Maßeinheit F (Farad) – $1F = \frac{1As}{1V}$ – hat die Eigenschaft, bei Anlegen einer Spannung eine elektrische Ladung zu speichern. Für Gleichstrom wirkt er praktisch wie ein unendlich großer Widerstand; Wechselstrom gegenüber bildet er ei-

nen frequenzabhängigen Blindwiderstand. Dieser *kapazitive Widerstand* nimmt mit steigender Frequenz ab.

Dem Aufbau entsprechend sind feste, einstellbare und verstellbare Kondensatoren, hinsichtlich der Dielektrika Papier-, Metallpapier-, Kunstfolie-, keramische und Luftkondensatoren zu unterscheiden; eine Sonderstellung nehmen die Elektrolytkondensatoren ein.

3.3.1. Festkondensatoren

Papierkondensatoren
Papierfolie stellt das Dielektrikum dar; die Beläge sind Metallfolie (Aluminiumfolie). Die meist bifilaren Wickel werden gehäuselos (Gewaplast-, Duroplast-Kondensator) oder in Glasröhrchen bzw. als tropensichere Ausführung in dichtverschlossenen Keramik- oder Calitrohren eingebaut.

Metallpapierkondensatoren (MP-Kondensatoren)
Der Wickel besteht aus zwei mit *Azetylzelluloselack* imprägnierten Natronzellulose-Papierstreifen, die mit einer 0,05 bis 0,1 μm dicken Zinkschicht bedampft sind. Man erhält auf diese Weise kleine Kondensatoren mit relativ großen Kapazitäten. Die feuchtigkeitsempfindlichen Wickel werden in Metallgehäuse eingebaut.

Papierkondensatoren werden in Empfängerschaltungen im wesentlichen als Siebkondensatoren, in Anoden- und Gitterleitungen als Kopplungskondensatoren, in NF-Stufen sowie als Entkopplungs,- Ableit-, Schirmgitter- und Schutzkondensatoren verwendet.

Kunstfolie- (Styroflex-) Kondensatoren
Diese Kondensatoren bestehen aus einem Wickel mit *Styroflex* (gereckte Polystyrolfolie) als Dielektrikum und Aluminiumfolie als Belag. Die Wickel sind nicht imprägniert, sondern getempert. Dieses Verfahren garantiert große mechanische Festigkeit und einen feuchtigkeitssicheren Verschluß. Für besonders hohe Anforderungen werden die Wickel in Gehäuse eingesetzt. In den meisten Fällen genügen die „Nacktwickel".

Wegen der ausgezeichneten elektrischen Eigenschaften eignen sich *Styroflexkondensatoren* besonders für die Anwendung in Hochfrequenzkreisen.

Keramische Kondensatoren

Das Kennzeichen dieser Bauart ist das aus keramischem Material bestehende Dielektrikum, auf das als Beläge Metallschichten (Silber) eingebrannt wurden. Die gebräuchlichen Formen sind Röhrchen, Scheibchen, Perlen, Pillen. Die Dielektrikmassen (Magnesiumsilikate, Titanoxide und Titanate) sind unter den Handelsnamen *Calit, Condensa, Tempa* und *Epsilan* bekannt. Durch eine hochwertige Lackierung werden die Kondensatoren vor schädlichen äußeren Einflüssen geschützt. Die Farbe des Lacküberzuges ist eine Kennfarbe für das Dielektrikum:

Rot	*Calit*	(Ci)
Orange	*Tempa* S, S_1	(ST, ST_1)
Dunkelgrün	*Tempa* X	(XT)
Gelb	*Condensa N*	(NCo)
Dunkelblau	*Condensa F*	(FCo)
Braun	*Epsilan*	(E 5000)

Gegenüber anderen Bauarten weisen die keramischen Kondensatoren viele Vorzüge auf. Die Kapazitätswerte können, je nach der Art des Materials für das Dielektrikum, bei räumlich kleinen Abmessungen beachtliche Größen annehmen. Weiter zeichnen sich diese Kondensatoren durch geringe Eigenkapazität, hohe Spannungsfestigkeit, großen Isolationswiderstand und niedrige dielektrische Verluste aus.

Keramische Kondensatoren werden in frequenzbestimmenden Kreisen, in Oszillator-, Vor-, Zwischenfrequenz-, Sperr- und Saugkreisen, als Verkürzungs-, Parallel-, Kopplungs-, Entkopplungs-, Gegenkopplungs-, Gitter- sowie Kompensationskondensatoren angewendet.

Kondensator mit Darstellung des Außenbelags



Bild 3.10. Kondensator mit Darstellung des Außenbelags

Der Außenbelag umhüllt den inneren Belag und schirmt diesen statisch ab. Die Kennzeichnung wird mit einer Strichmarkierung vorgenommen.

Durchführungskondensator



Bild 3.11. Durchführungskondensator

Der Außenbelag des Durchführungskondensators ist leitend mit dem Metallchassis, durch dessen Wandung der Kondensator hindurchgeführt wird, verbunden. Schraub- oder Lötverbindungen kommen hierbei zur Anwendung. Diese Bauart wird besonders in Kurz- und Ultrakurzwellenschaltungen angewendet.

Elektrolytkondensator, gepolt



Bild 3.12. Gepolter Elektrolytkondensator

Die Wirkungsweise dieses Kondensators beruht auf elektrochemischen Vorgängen. Als Dielektrikum dient eine auf einer Metallfolie erzeugte Oxidschicht. Der eine Kondensatorbelag wird von der Metallfolie (Anode), der andere durch einen Elektrolyten (Katode) dargestellt. Dieser ist in Natronzellulosepapier gespeichert. Eine zweite Metallfolie bildet die Stromzuführung zum Elektrolyten. Wie beim Papierkondensator sind Metall- und Papierfolien zu einem

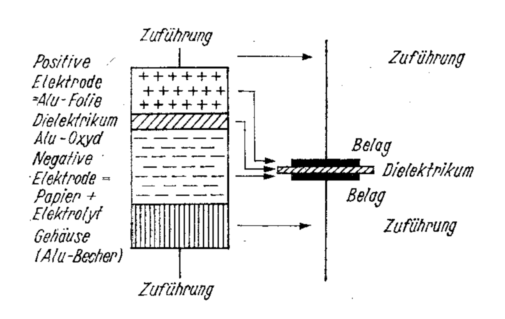


Bild 3.13. Aufbauschema eines gepolten Elektrolytkondensators

Wickel zusammengefaßt, den ein zylindrisches Aluminiumgehäuse umschließt.

Bezüglich der Nennspannung sind 2 Typen zu unterscheiden: Niedervolt- und Hochvoltkondensatoren; Nennspannung $\leq$ 100 V – bzw. $>$100 V –.

Das Bestreben, die Maße des Elektrolytkondensators weiter zu verkleinern, führte zur Entwicklung des Rauhfoliekondensators. Durch Aufrauhung der positiven Elektrode ist eine um das 2- bis 10fach größere Oberfläche zu erzielen. Man erhält mit solchen Kondensatoren gleiche Kapazitäten bei wesentlich kleineren Volumina.

Gepolte Elektrolytkondensatoren werden als Lade- und Siebkondensator in Stromversorgungsgeräten (Netzgleichrichtern), als Siebkondensator für die Gitterspannungserzeugung in Niederfrequenzverstärkern, in Ratiodetektorschaltungen usw. verwendet.

Der ungepolte Elektrolytkondensator hat nach beiden Stromrichtungen hin eine Sperrichtung, so daß er, im Gegensatz zum gepolten Kondensator, stets polrichtig angeschlossen ist. Die Anwendung bezieht sich auf einige nicht auf dem Radiosektor liegende Spezialfälle.

3.3.2. Kondensator, einstellbar und verstellbar

Kondensator, einstellbar (Trimmer); allgemein



Bild 3.14. Kondensator, einstellbar (Trimmer), allgemein

Kondensator, einstellbar, mit Kennzeichnung der einstellbaren Seite



Bild 3.15. Kondensator, einstellbar, mit Kennzeichnung der einstellbaren Seite

Keramische Knopf- und Scheibentrimmer

Diese Trimmer bestehen aus dem keramischen Sockel (Stator) und einer drehbaren, durch Federdruck angepreßten Scheibe (Rotor). Auf der Stator- und Rotoroberseite sind halbkreis- oder sektorenförmige Silberbeläge aufgebrannt. Die Trimmerkapazität wird mittels Schraubenziehers an der Rotorscheibe eingestellt. Die Kapazitätsvariation ist linear. Diese Trimmer weisen alle Vorzüge des keramischen Kondensators auf.

Rohr- und Schraubtrimmer

sind aus einem dünnen Messingblechzylinder (Stator) und einem in diesem drehbaren, massiven Aluminiumstab mit Gewindespindel (Rotor) aufgebaut. Zwischen beiden „Belägen" befindet sich eine Polystyrolfolie; sie stellt das Dielektrikum dar.

Eine Variante ist der keramische Rohrtrimmer. Einem Keramikröhrchen, das als Dielektrikum dient, wurde auf seiner Oberfläche eine Silberschicht aufgebrannt. Diese bildet den äußeren Belag. Im

Rohrinneren wird als zweiter „Belag“ ein zylindrischer Messingstab durch eine Gewindespindel hinein- oder herausgedreht.

Diese Bauelemente werden zum einmaligen Einstellen benutzt. Sie dienen zum Abgleich von HF-Schwingkreisen und zur Gleichlaufkorrektur von Mehrfachdrehkondensatoren. In UKW-Schaltungen werden Rohrtrimmer wegen ihrer sehr hohen Einstellgenauigkeit häufig eingesetzt.

Drehkondensator



Bild 3.16. Kondensator, verstellbar (Drehkondensator), allgemein



Bild 3.17. Kondensator, verstellbar, mit Kennzeichnung der einstellbaren Seite

Dieses Bauelement besteht aus einem festen und einem beweglichen Plattensystem (Stator und Rotor). Die Kapazitätsänderung wird durch Drehen des auf einer Achse befestigten Rotorplattenpakets erzielt, so daß sich innerhalb der Anfangs- und Endkapazität alle Kapazitätswerte kontinuierlich einstellen lassen. Der Kapazitätsverlauf wird durch den Plattenschnitt bestimmt. In der Empfangstechnik sind vorwiegend der frequenzgerade Plattenschnitt, bei dem die Frequenz im linearen Verhältnis zu dem Drehwinkel in Beziehung steht, und der logarithmische Plattenschnitt gebräuchlich. Beim logarithmischen Plattenschnitt verbindet eine logarithmische Funktion den Drehwinkel und die Kapazität. Es werden Luftdrehkondensatoren und Drehkondensatoren mit festem Dielektrikum unterschieden.

Luftdrehkondensatoren

Luft stellt das Dielektrikum dar. Die Platten bestehen im allgemeinen aus Aluminiumblech. Stator und Rotor sind durch kurze zylindrische *Calit*-Stäbe voneinander isoliert.

Für Mehrkreisempfänger (Super, Geradeausempfänger mit HF-Vorstufe) benötigt man Mehrgangdrehkondensatoren. Bei diesen sind alle Rotorpakete auf *einer* Achse angeordnet. Um einen genau gleichen Kapazitätsverlauf (Gleichlauf) sämtlicher Kondensatoren zu ermöglichen, haben die äußeren Rotorplatten radiale Einschnitte. Durch Abbiegen einzelner Sektoren dieser Fiederung läßt sich eine

präzise Justierung vornehmen. An den Luftdrehkondensator, als frequenzbestimmendes Element, werden höchste Anforderungen gestellt. Sein Einsatz ist praktisch universell.

Drehkondensator mit festem Dielektrikum

Als Dielektrikum dient Kunstfolie. Infolge der größeren Dielektrizitätskonstante läßt sich ein Bauelement mit geringen Abmessungen aufbauen. Die nicht besonders guten elektrischen Eigenschaften der Kunstfolie lassen diesen Kondensator hinter dem Luftdrehkondensator zurückstehen. Als frequenzbestimmendes Bauelement wird jener in Kleinstgeräten, z. B. in Transistortaschenempfängern – meist als Zweigangdrehkondensator –, verwendet. Selbstverständlich ist er auch für Geradeausamateurempfänger als Rückkopplungskondensator sehr geeignet.

Doppelstator-Drehkondensator



Bild 3.18. Doppelstator-Drehkondensator (Darstellung nicht standardisiert)

Diese Bauart ist durch 2 in einer Ebene angeordnete, getrennte Statoren gekennzeichnet. In diese greifen die an einer gemeinsamen Achse befestigten, elektrisch miteinander verbundenen Rotoren ein. Im Gegensatz zum normalen Drehkondensator liegen diese *nicht* an Masse. Es findet somit keine Kontaktgabe an beweglichen Achsen statt; beide Anschlüsse erfolgen an den Statoren.

Diese Kondensatorart wird im UKW-Gebiet verwendet.

Differentialkondensator



Bild 3.19. Differentialkondensator

Dieser Doppelkondensator besteht aus zwei in einer Ebene gegenüberliegend angeordneten Statoren und einem dazwischenliegenden Rotor. Bei Drehung des Rotors vergrößert sich die Kapazität des einen Kondensators, während die des anderen abnimmt. Das Bauelement wirkt als kapazitiver Spannungsteiler.

Hauptanwendungsgebiete sind hochfrequenzseitige Lautstärkeregelung und Rückkopplungsregelung im Geradeausempfänger. Von beiden Möglichkeiten wird in einfachen Amateurkurzwellenempfängern Gebrauch gemacht.

3.4. Spule (Induktivität)

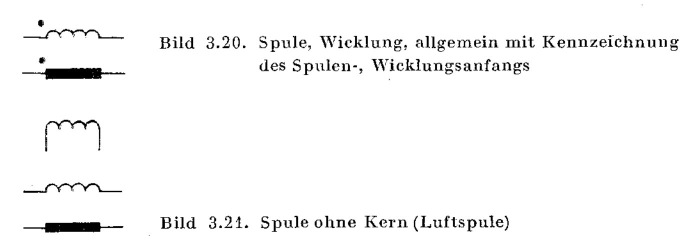


Bild 3.20. Spule, Wicklung, allgemein mit Kennzeichnung des Spulen-, Wicklungsanfangs

Bild 3.21. Spule ohne Kern (Luftspule)

Die Wirkungsweise der Spule – Symbol L, Maßeinheit H (Henry) – $1\text{H} = \frac{1\text{Vs}}{1\text{A}}$ – beruht auf Induktionserscheinungen, der Wechselwirkung zwischen Elektrizität und Magnetismus.

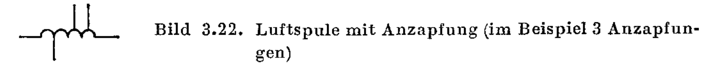
Gleichstrom gegenüber verhält sich die Spule wie ein ohmscher Widerstand. Fließt ein Wechselstrom durch die Spule, so ändert sich das Magnetfeld im Rhythmus der Frequenz des Stromes. Der wechselnde Auf- und Abbau des Magnetfeldes beeinflußt im gleichen Rhythmus – während jeder Halbwelle – Induktionsspannung und Stromdurchgang. Außer dem Gleichstromwiderstand hat die Spule einen Wechselstromwiderstand. Dieser induktive Widerstand ist frequenzabhängig. Mit großer Induktivität und hoher Frequenz nimmt der Widerstand zu. Die Tatsache, daß der Gleichstromwiderstand der Spule gering ist (er entspricht ihrem ohmschen Widerstand) und der Wechselstromwiderstand hohe Werte annimmt, wird in Funkschaltungen genutzt, um Gleich- und Wechselstrom voneinander zu trennen. Die Spule wirkt, ähnlich wie ein Kondensator, als Speicher für magnetische Energie. Diese Eigenschaft nutzt man im elektrischen Schwingkreis aus.

Dem Aufbau entsprechend sind Luftspulen und Spulen mit Kern zu unterscheiden.

3.4.1. Luftspule

Ihre Wicklung ist freitragend oder auf einem Wickelkörper aus Isoliermaterial aufgetragen. Für ein- oder mehrlagige Wicklungen, Zylinder-, Kreuz- oder Kammerwicklung, wird Kupfervolldraht (bzw. Kupferlitze) verwendet.

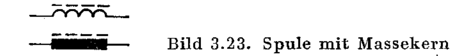
Luftspule mit Anzapfung


Bild 3.22. Luftspule mit Anzapfung (im Beispiel 3 Anzapfungen)

Angezapfte Spulen finden sich in zahlreichen Schaltungen. Das Symbol gilt sinngemäß auch für die Spule mit Kern.

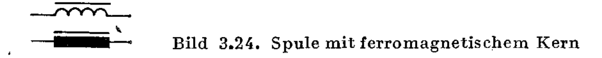
Spule mit Abschirmung
Eine metallische Abschirmung verhindert den Einfluß elektrischer Felder auf das Bauelement und dessen Störeinflüsse auf benachbarte Schaltelemente. Das Symbol gilt sinngemäß für die Spule mit Kern (siehe auch 2.2. Abschirmung).

3.4.2. Spule mit Massekern


Bild 3.23. Spule mit Massekern

Der Kern besteht aus einem Mischoxid (Oxidkeramik), meist einem Ferrit, z. B. *Manifer*, oder er ist aus *Karbonyl-* und *Formiat*-Eisenpulver hergestellt. Im strengen Sinne kann man Maniferkerne nicht als Massekerne bezeichnen.

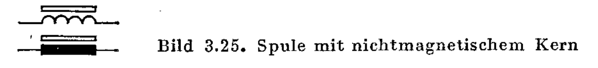
3.4.3. Spule mit ferromagnetischem Kern


Bild 3.24. Spule mit ferromagnetischem Kern

Ferromagnetische Stoffe sind z. B. Eisen, Nickel und Kobalt.

3.4.4. Spule mit nichtmagnetischem Kern

Nichtmagnetische Kerne weisen als Kernmaterial meistens Aluminium, gelegentlich auch Messing oder Kupfer auf.


Bild 3.25. Spule mit nichtmagnetischem Kern

Diese drei Ausführungen haben – bei gleicher Induktivität – wesentlich kleinere Dimensionen als Luftspulen. Werkstoff, Ausführung der Wicklung und des Spulenkörpers sind die gleichen wie bei der Luftspule. Kernformen sind Gewinde-(Schraub-)kerne, Zylinder-(Stift-)kerne, Schalen- und Topfkerne.

3.4.5. Spule mit Massekern, einstellbar

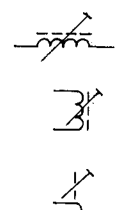


Bild 3.26. Spule mit Massekern, einstellbar

3.4.6. Spule mit ferromagnetischem Kern, einstellbar

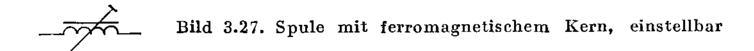


Bild 3.27. Spule mit ferromagnetischem Kern, einstellbar

3.4.7. Spule mit nichtmagnetischem Kern, einstellbar

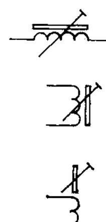


Bild 3.28. Spule mit nichtmagnetischem Kern, einstellbar

Das Einstellen erfolgt durch Hinein- oder Herausdrehen des Kernes im Spulenkörper, nicht betriebsmäßig, sondern einmalig beim Trimmen (Abgleich).

Einstellbare Kernspulen sind in Funk- und Fernsehgeräten als Kreisspulen, im Sperr- und Saugkreis, als Koppelspulen u. a. m. gebräuchlich.

3.4.8. Spule mit Massekern, verstellbar

Bild 3.29. Spule mit Massekern, verstellbar

3.4.9. Spule mit ferromagnetischem Kern, verstellbar

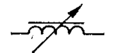


Bild 3.30. Spule mit ferromagnetischem Kern, verstellbar

3.4.10. Spule mit nichtmagnetischem Kern, verstellbar



Bild 3.31. Spule mit nichtmagnetischem Kern, verstellbar

Diese drei Bauarten erlauben eine kontinuierliche (stetige) Veränderung der Spuleninduktivität.

3.5. Transformator (Übertrager)

3.5.1. Transformator (Übertrager), allgemein oder ohne Kern

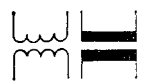


Bild 3.32. Transformator (Übertrager) allgemein oder ohne Kern

Unter einem *Transformator* wird im allgemeinen ein elektrisches Bauelement zur Leistungsübertragung bei einer festen Frequenz verstanden, unter *Übertrager* ein solches, das zur Widerstandsanpassung über ein mehr oder weniger breites Frequenzband dient.

Das Transformatorprinzip: Legt man an die Primärwicklung eine Wechselspannung an, so wird auf die Sekundärwicklung eine Spannung induziert, deren Frequenz mit derjenigen der zugeführten

Spannung übereinstimmt. Je nach dem Übersetzungsverhältnis der Windungszahlen steht eine gleiche, höhere oder niedrigere Spannung an der Sekundärseite zur Verfügung. Beim Übertrager steht das Übersetzungsverhältnis im Vordergrund.

3.5.2. Transformator (Übertrager) mit Abschirmung

Für die Abschirmung gilt das unter 2.2. Gesagte. Beim Netztransformator werden Primär- und Sekundärwicklung gegen kapazitive Einflüsse mit einer nichtgeschlossenen Aluminium-, Kupfer- oder Messingfolie voneinander abgeschirmt. Die Abschirmung liegt an Masse.

3.5.3. Transformator (Übertrager) mit Massekern



Bild 3.33. Transformator (Übertrager) mit Massekern

Im HF-Gebiet werden Übertrager durch die Kopplung zweier HF-Kernspulen dargestellt.

3.5.4. Transformator (Übertrager) mit ferromagnetischem Kern

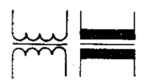


Bild 3.34. Transformator (Übertrager) mit ferromagnetischem Kern

NF-Transformatoren sind aus einem lamellierten Eisenblechkern (Transformatorenblech) oder aus Blechen einer Eisen-Nickel-(Kupfer-) Legierung aufgebaut.

In der NF-Technik werden Übertrager als Kopplungs- und Gegentakttransformatoren verwendet. Eine spezielle Art ist der Ausgangsübertrager oder Anpassungstransformator. Im Stromversorgungsteil des Wechselstromgerätes ist der Netztransformator vorhanden. Mitunter dient dieser Typ auch als Vorschalttransformator zur galvanischen Trennung des Verbrauchers vom Stromversorgungsnetz.

3.5.5. Transformator (Übertrager) mit ferromagnetischem Kern; eine Wicklung mit Mittelanzapfung



Bild 3.35. Transformator (Übertrager) mit ferromagnetischem Kern, eine Wicklung mit Mittelanzapfung

3.5.6. Transformator (Übertrager) mit ferromagnetischem Kern; 3 Wicklungen

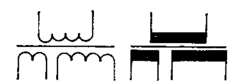


Bild 3.36. Transformator (Übertrager) mit ferromagnetischem Kern; 3 Wicklungen

3.5.7. Transformator (Übertrager) mit Massekern, einstellbar



Bild 3.37. Transformator (Übertrager) mit Massekern, einstellbar

3.5.8. Transformator (Übertrager) mit Massekern, einstellbar, mit konstanter Kopplung

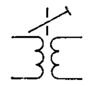


Bild 3.38. Transformator (Übertrager) mit Massekern, einstellbar, mit konstanter Kopplung

3.5.9. Transformator (Übertrager) mit Massekern, einzeln einstellbar, mit verstellbarer Kopplung

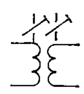


Bild 3.39. Transformator (Übertrager) mit Massekern, einzeln einstellbar, mit verstellbarer Kopplung

3.6. Elektronenröhre

Die Elektronenröhre besteht aus einem hochevakuierten Kolben, in dem zwischen zwei Elektroden, der Elektronen aussendenden Katode und der Elektronen aufnehmenden Anode, ein Elektronenstrom fließt. Dieser läßt sich durch ein Gitter steuern, das zwischen Katode und Anode angeordnet ist. Weitere zwischen diesem Steuergitter und der Anode befindliche Gitter haben spezielle Aufgaben.

3.6.1. Teile der Röhre

Röhrenkolben

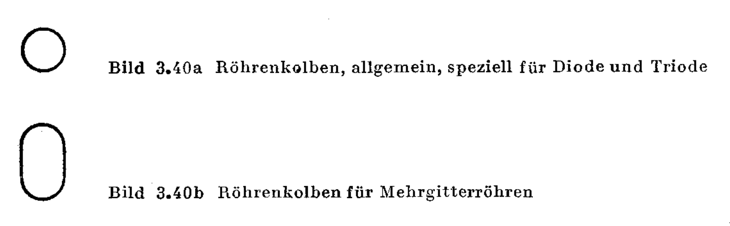


Bild 3.40a Röhrenkolben, allgemein, speziell für Diode und Triode

Bild 3.40b Röhrenkolben für Mehrgitterröhren

Wenn die Systeme einer Verbundröhre *getrennt* dargestellt werden müssen, so ist der Röhrenkolben als halber Kolben und ohne Begrenzungslinie an der offenen Seite zu zeichnen.

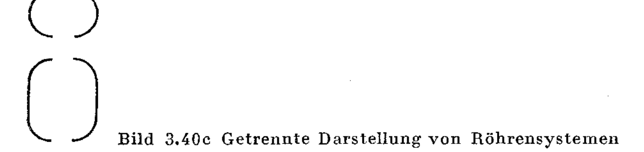
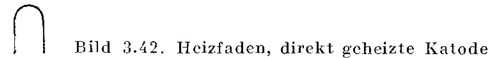


Bild 3.40c Getrennte Darstellung von Röhrensystemen

Röhrenelektroden

Bild 3.41. Katode, allgemein

Die Darstellung wird gewählt, wenn die Art der Katodenheizung unerheblich ist.


Bild 3.42. Heizfaden, direkt geheizte Katode

Die Darstellung bezieht sich auf Batterieröhren (D-Röhren).


Bild 3.43. Indirekt geheizte Katode

Die Darstellung bezieht sich auf wechselstromgeheizte Röhren.

Bild 3.44. Anode

Bild 3.45. Leuchtschirm (Leuchtanode)

Bild 3.46. Steuergitter

Bild 3.47. Schirmgitter

Bild 3.48. Bremsgitter

Bild 3.49. Steuersteg

3.6.2. Vollständige Röhren

Die Symbole stellen eine Auswahl gebräuchlicher Röhrentypen dar. Aus den Schaltzeichen für die einzelnen Röhrenelektroden lassen sich alle weiteren Kombinationen aufbauen.


Bild 3.50. Diodenröhre, Gleichrichterröhre, indirekt geheizt


Bild 3.51. Triode, indirekt geheizt

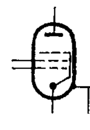

Bild 3.52. Pentode



Bild 3.53. Heptode

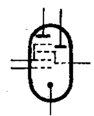


Bild 3.54. Triode-Hexode

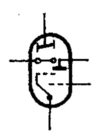


Bild 3.55. Abstimmanzeigeröhre (Die Elektrodenanordnung entspricht dem Magischen Fächer der Novalserie)

3.6.3. Sockelschaltzeichen

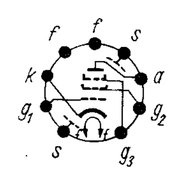


Bild 3.56. Sockelschaltzeichen: Pentode mit indirekt geheizter Katode

Den Schaltbildern für Radioempfänger der Radioindustrie sind häufig Sockelschaltbilder angegliedert. Sie werden durch einen Kreis dargestellt, auf dem die Sockelstifte ihrer Lage entsprechend verteilt sind (Anschlüsse von unten gesehen!). Die Stifte sind mit den Elektroden der in den Kreis eingezeichneten Röhrenschaltung verbunden.

Es bedeuten:

a – Anode
d – Diode
f – Heizfaden
g – Gitter
gl – Gitter des Leuchtsystems

i. V. – innere Verbindung
k – Katode
l – Leuchtschirm
m – Abschirmbelag mit zum Teil bedingter Abschirmwirkung
s – Abschirmung im Innern der Röhre
st – Steuersteg

Elektronenröhren dienen zur Verstärkung hoch- und niederfrequenter Spannungen oder Leistungen, zur Demodulation (Hochfrequenzgleichrichtung), Niederfrequenzgleichrichtung, Schwingungserzeugung und Abstimmanzeige. Entsprechend ihren Aufgaben sind in einer Empfängerschaltung vorhanden: HF-Verstärker-,Oszillator-, Misch-, Demodulator-, ZF-Verstärker-, NF-Verstärker-, Netzgleichrichter- und Abstimmanzeigeröhren.

3.7. Stabilisatorröhre



Bild 3.57. Stabilisatorröhre

Das zur Gruppe der Ionenröhren gehörige Bauelement hat zwei Elektroden: Katode und Anode. Beide sind in einem mit Edelgasen gefüllten Glaskörper eingeschmolzen. Diese Röhren werden nicht geheizt, sie arbeiten mit kalter Katode. Nach Anlegen einer den Kenndaten entsprechenden Spannung, der Zündspannung, erfolgt eine Glimmentladung.

In nachrichtentechnischen Schaltungen verwendete Röhren dieser Art sind die *Spannungsstabilisatorröhren* und *Glättungsröhren*. Mit ihnen lassen sich Spannungsschwankungen ausgleichen (Stabilisierung der Ausgangsspannung eines Gleichrichters). Die Elektroden werden parallel zum Verbraucher angeschlossen; ein Vorwiderstand ist erforderlich.

Im Schaltsymbol ist die Katode mit einem Punkt gekennzeichnet.

Glimmröhren eignen sich ferner für den Nachweis hochfrequenter Schwingungen, so daß sie bei der Abstimmung des Amateursenders gute Dienste leisten können. Diese Röhren sind auch für die Anzeige des Betriebszustandes eines Empfangs- oder Sendegerätes, als „Pilot“, brauchbar.

3.8. Halbleiter

Diese Bauelemente sind auf der Basis von Selen, Germanium oder Silizium aufgebaut. – Über die Wirkungsweise gibt eine umfangreiche Fachliteratur Aufschluß.

3.8.1. Halbleitergleichrichter


Bild 3.58. Halbleitergleichrichter

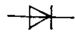
Kennzeichnend für diese Elektronenhalbleiter ist eine innerhalb des Halbleitermaterials erzeugte Sperrschicht, an der eine elektrische Ventilwirkung auftritt. Je nach dem Typ des Halbleiters können hoch- und niederfrequente Wechselspannungen gleichgerichtet werden. Die Stromrichtung, in der der kleinere Widerstand vorhanden ist, ist die Durchlaßrichtung. Die Stromrichtung, in der der größere Widerstand wirkt, die Sperrichtung. Typische Vertreter dieser Halbleitergleichrichter sind: Selengleichrichter und Kristalldiode bzw. Kristallgleichrichter.

3.8.1.1. Selengleichrichter

Dieser Sperrschichtgleichrichter besteht aus der Trägerelektrode (Aluminiumgrundplatte), der Halbleiterschicht (kristallines Selen) und der Deckelektrode (kadmiumhaltiges Lot). Zwischen dieser und der Halbleiterschicht bildet sich eine Sperrschicht aus. Die runden oder quadratischen Platten werden zu einer Säule zusammengesetzt. Der Wirkungsgrad moderner Selengleichrichter ist sehr hoch (bei 90 %). Dieser Gleichrichtertyp ist nur für die Gleichrichtung niedriger Frequenzen geeignet.

An Stelle einer Gleichrichterröhre wird der Selengleichrichter im Netzteil von nachrichtentechnischen Geräten verwendet.

3.8.1.2. Diode mit gleichrichtender Funktion (Kristalldiode und Kristallgleichrichter)


Bild 3.59. Kristalldiode, Kristallgleichrichter

Bei der Herstellung dieser Bauelemente wird monokristallines Germanium oder Silizium mit 3- bzw. 5wertigen Fremdatomen (z. B. Gallium bzw. Antimon) dotiert. Die einige zehntel Millimeter dicken Kristallplättchen sind sperrschichtfrei auf einer metallischen Grundelektrode aufgebracht. Je nach der Kontaktierung unterscheidet man Spitzendioden und Flächendioden bzw. Flächengleichrichter. Hervorragende Eigenschaften der Kristalldioden und -gleichrichter sind: kein Heizleistungsbedarf, extrem kleine Abmessungen, äußerst geringes Gewicht, große mechanische Stabilität, nahezu unbegrenzte Lebensdauer, geringe Eigenkapazität, großer Leitwert, hoher Wirkungsgrad ($> 98\%$).

Nachteile gegenüber der Röhre sind: kleine Sperrspannungen und Sperrwiderstände, kleine Durchlaßströme, relativ große Temperaturabhängigkeit und Exemplarstreuung.

Spitzendiode

Das Kennzeichen dieser Ausführung ist ein Spitzenkontakt von einigen Mikrometern Durchmesser, der auf einem Punkt der Oberfläche des Halbleiterkristalls fest aufsitzt.

Meist sind diese Dioden in einem Glasröhrchen eingebaut; einige Typen werden in Metall/Keramik-Technik gefertigt. Der Unterschied zwischen der Germanium- und Siliziumdiode besteht im wesentlichen darin, daß letztere gegen kurzzeitige Überlastungen empfindlicher ist.

Das Hauptanwendungsgebiet der Spitzendiode in nachrichtentechnischen Geräten ist die Demodulation hochfrequenter Ströme.

Flächendiode, Flächengleichrichter

Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Flächendiode und Flächengleichrichter besteht nicht; jedoch werden sie unterschiedlich angewendet.

Zwischen n- und p-Leiter haben diese Typen eine größere Berührungsfläche als Spitzendioden.

Die größere Sperrschicht bedingt eine erheblich größere Kapazität (bei der Spitzendiode liegt sie bei 1 pF), so daß die Grenzfrequenzen niedriger liegen. Flächendioden lassen nur eine Gleichrichtung von Frequenzen bis zu einigen Kilohertz zu. Der Spitzendiode gegenüber kann die Flächendiode, und besonders der Flächengleichrichter, unvergleichlich höher belastet werden. Mit Hochleistungstypen werden Ströme von mehreren Ampere gleichgerichtet.

Die Siliziumdioden sind den Germaniumtypen in bezug auf die

gleichzurichtende Leistung, den Wirkungsgrad und einige sonstige Eigenschaften überlegen.

Spezielle Ausführungen von Kristalldioden

Diode mit Lawineneffekt (Z-Diode, früher als Zener-Diode bezeichnet)

Bild 3.60.
Diode mit Lawineneffekt (Z-Diode, Zener-Diode)

Dieses Bauelement ist eine Flächenkontakt-Siliziumdiode. In der Durchlaßrichtung zeigt sie den für Siliziumflächengleichrichter charakteristischen Verlauf der Kennlinie; in der Sperrichtung knickt bei einer definierten Einsatzspannung (Z-Spannung) die Spannungskurve um. Das Gebiet oberhalb des Abknickens der Kennlinie ist der Arbeitsbereich dieser Diode. Hier zeigen sich Ähnlichkeiten mit der Charakteristik der Spannungsstabilisierungsröhre. Die Z-Diode wird zur Spannungsbegrenzung und zur Gleichspannungsstabilisierung benutzt. Normale Z-Dioden sind in Allglastechnik, Hochleistungs-Z-Dioden in Metall/Keramik-Technik ausgeführt.

Tunneldiode

Bild 3.61. Tunneldiode

Hierbei handelt es sich um eine hochdotierte Germaniumdiode, die keine nennenswerte Sperrichtung hat. Mit den üblichen Dioden ist dieses Bauelement nicht zu vergleichen. Die Diode wird in Durchlaßrichtung betrieben. Der charakteristische „Tunneleffekt" beruht darauf, daß Ladungsteilchen eine Potentialschwelle durchdringen müssen. Die Teilchen mit genügend hoher Energie erreichen augenblicklich die andere Seite.

Tunneldioden werden zur Schwingungserzeugung – insbesondere im Hoch- und Höchstfrequenzbereich –, zur Verstärkung und zur Entdämpfung von Schwingkreisen benutzt.

Kapazitätsdiode

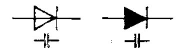


Bild 3.62. Kapazitätsdiode

Das Prinzip dieser Diode ist die Veränderung der Sperrschichtkapazität durch eine angelegte Vorspannung. Kapazitätsdioden sind praktisch in allen Frequenzbereichen, speziell oberhalb 10 MHz, für eine automatische Schwingkreisabstimmung und fernabstimmbare UKW-Tuner anwendbar. Eine Sonderausführung sind die *Varaktoren,* die zur rauscharmen Verstärkung schwächster Mikrowellensignale dienen.

Rückwärtsdiode (*Backwarddiode*)



Bild 3.63. Rückwärtsdiode (Backwarddiode)

Diese Diode ist eine Weiterentwicklung der Tunneldiode. Wegen des entarteten Verlaufs der Kennlinie wird die Diode in umgekehrter Richtung benutzt, d. h., die Durchlaßrichtung der Tunneldiode entspricht hier der Sperrichtung!

Sie dient zur Gleichrichtung kleinster HF-Spannungen und als Mischer mit extrem hohem Mischwirkungsgrad.

3.8.2. Transistor

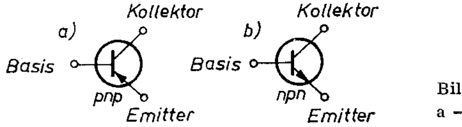


Bild 3.64. Transistor
a – pnp-Typ; b – npn-Typ

Im Prinzip läßt sich dieses Bauelement, bei dem als Halbleiterwerkstoff vorwiegend Germanium dient, durch zwei gegeneinander geschaltete Kristalldioden darstellen. Es werden somit drei Halbleiterzonen gebildet, die in den Folgen npn und pnp vorkommen (n – Elektronenleitung, p – Löcherleitung, Defektelektronenleitung).

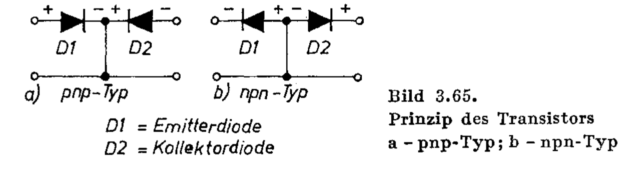


Bild 3.65.
Prinzip des Transistors
a – pnp-Typ; b – npn-Typ

Prinzip des Transistors

Die Zonen:
Basis (Kristall, Block) – steuernder und gesteuerter Kreis
Emitter-Ladungsträger, aussendend
Kollektor-Ladungsträger, aufnehmend

Über die Arbeitsweise des Transistors, die Vorgänge im Halbleiterkristall und den Leitungsmechanismus gibt die umfangreiche Fachliteratur Aufschluß.

Die Vorzüge des Transistors gegenüber der Röhre sind: kein Heizleistungsbedarf, kleinste Abmessungen, geringstes Gewicht, fast unbegrenzte Lebensdauer und ein höherer Wirkungsgrad. Einige Nachteile sind im wesentlichen elektrischer Natur; sie gestatten nicht, die Elektronenröhre in allen Fällen durch den Transistor zu ersetzen.

Dem Aufbau entsprechend unterscheidet man zwischen Spitzen- und Flächentransistoren.

3.8.2.1. *Spitzentransistor*

Bei dieser Bauart berühren zwei Kontaktspitzen in enger Nachbarschaft die Halbleiteroberfläche.

Der Spitzentransistor ist der klassische Kristallverstärker. Da seine mechanischen und elektrischen Eigenschaften mit denen des Flächentransistors nicht vergleichbar sind, verlor er an praktischer Bedeutung.

3.8.2.2. *Flächentransistor*

Entsprechend dem Fertigungsprozeß unterscheidet man zwischen gezogenem und legiertem Typ.

Der *gezogene Transistor* besteht aus einem Halbleiterkristall, dem beim Ziehvorgang 3- bzw. 5wertige Fremdatome (z. B. Gallium bzw. Antimon) zugesetzt wurden, so daß pnp- bzw. npn-Zonen entstanden.

Diese Bauart ist heute ohne Interesse.

3.8.2.3. *Legierungstransistor*

Bei diesem Transistor werden die p-Zonen, Emitter und Kollektor, durch Einlegieren von Fremdatomen in die beiden gegenüberliegenden

Flächen des n-Germanium- oder Siliziumkristalls (Basis) erzeugt. Der Legierungsprozeß geht so vor sich, daß auf den Kristall (etwa 5 mm lang, 2 mm breit und 0,1 mm dick) kleine Indiumperlen aufgesetzt und bei hoher Temperatur zum Schmelzen gebracht werden. Der in den Kristall eindringende Anteil des Indiums bildet mit dem Germanium oder Silizium eine Legierung. Sie ist p-leitend und bewirkt demzufolge den Aufbau von pn-Übergängen.

3.8.2.4. Diffusionstransistor

Bei ihm werden die Schichten entgegengesetzten Leitungstyps durch Eindiffundieren des Akzeptors oder des Donators in den Halbleiterkristall erzeugt (Akzeptoren sind die in den Halbleiterkristall eingebauten Fremdatome derart, daß eine p-Leitung ausgebildet wird; Donatoren dagegen erzeugen als Fremdatome eine n-Leitung).

3.8.2.5. Mesatransistor

Bei ihm werden Legierungs- und Diffusionsverfahren kombiniert. Ausgangsmaterial bildet ein aus der Schmelze gezogener p-leitender Germaniumkristall.

3.8.2.6. Epitaxie- und Planar-Transistor

sind in jüngster Zeit entwickelte Bauformen, die indessen noch nicht in Großserien hergestellt werden.

3.8.2.7. Feldeffekttransistor (IGFET = insulated gate field effect transistor; ursprünglich MOSFET = metal oxide semiconductor field effect transistor)

Der Feldeffekttransistor ist ein steuerbarer Halbleiterwiderstand mit den Elektroden Gate (Tor), Source (Quelle) und Drain (Abfluß). Einen Vergleich der Elektroden des FET mit denen des Transistors bzw. der Elektronenröhre gibt Tabelle 1.

Tabelle 1 Elektrodenvergleich von Feldeffekttransistor, Transistor und Elektronenröhre

Feldeffekttransistor	Transistor	Elektronenröhre
Gate (Tor)	Basis	Gitter
Source (Quelle)	Emitter	Katode
Drain (Abfluß)	Kollektor	Anode

Charakteristikum dieses noch weniger bekannten Bauelements ist die Übertragung der Ladung durch Verlagerung der Majoritätsträger.

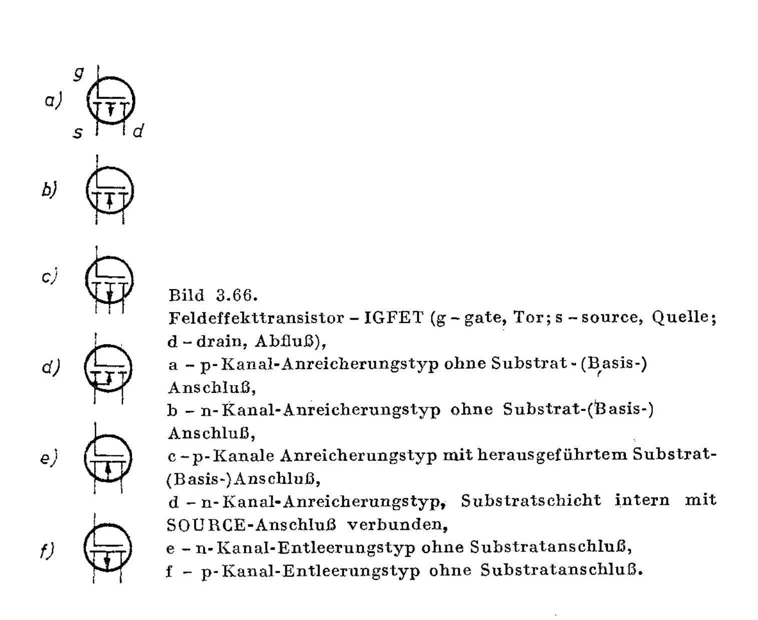


Bild 3.66.
Feldeffekttransistor – IGFET (g – gate, Tor; s – source, Quelle; d – drain, Abfluß),
a – p-Kanal-Anreicherungstyp ohne Substrat-(Basis-)Anschluß,
b – n-Kanal-Anreicherungstyp ohne Substrat-(Basis-)Anschluß,
c – p-Kanale Anreicherungstyp mit herausgeführtem Substrat-(Basis-)Anschluß,
d – n-Kanal-Anreicherungstyp, Substratschicht intern mit SOURCE-Anschluß verbunden,
e – n-Kanal-Entleerungstyp ohne Substratanschluß,
f – p-Kanal-Entleerungstyp ohne Substratanschluß.

Die Anwendung des Transistors ist sehr vielseitig. Er findet sich in den Bereichen Radiotechnik, Nachrichten- und Unterhaltungselektronik. In zahlreichen Schaltungen hat der Transistor die Röhre verdrängt.

3.8.2.8. Prinzipielle Schaltungsvarianten

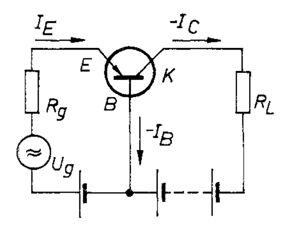


Bild 3.67.
Prinzip der Basisschaltung
(I_E – Emitterstrom; I_C – Kollektorstrom; I_B – Basisstrom; R_g – Generatorwiderstand; R_L – Lastwiderstand)

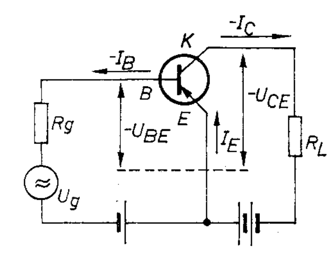


Bild 3.68.
Prinzip der Emitterschaltung
($-U_{BE}$-Basis-Emitter-Spannung; $-U_{CE}$-Kollektor-Emitter-Spannung; weitere Bezeichnungen siehe Bild 3.67)

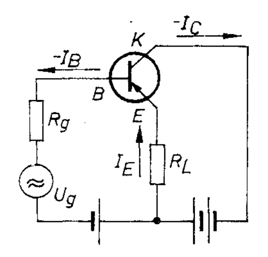


Bild 3.69.
Prinzip der Kollektorschaltung (Bezeichnungen siehe Bild 3.67)

3.9. Piezokristall



Bild 3.70. Piezokristall

Spezielle Kristalle, z. B. Quarz (Bergkristall) und Seignettesalz (K-Na-Tartrat) haben die Eigenschaft, an ihrer Oberfläche eine elektrische Ladung aufzubauen, wenn sie gedrückt oder gebogen werden. Beim Anlegen einer Wechselspannung verändert der Kristall die Form. Das Bauelement besteht aus dem Quarzvibrator (eine Quarzscheibe),

auf deren beiden Oberflächen durch Aufdampfen oder Katodenzerstäubung eine Silberschicht aufgetragen ist. Auf die Schichten aufgelötete feine Drähte fungieren als Quarzträger und führen gleichzeitig den Elektroden die Spannung zu. Einige Typen sind in traditioneller Art druckplattengehaltert. Die Gehäuse bestehen aus Metall oder Glas. Der Konstruktion und Anwendung des Bauelementes entsprechend ist zwischen Steuerquarz und Filterquarz zu unterscheiden.

3.9.1. Steuerquarz (Schwingquarz)

Dieser Quarz ist ein Bauteil zur Stabilisierung einer Oszillatorschaltung. Er wirkt als frequenzbestimmendes Element. Man trifft ihn in Rundfunk-, Fernseh-, Amateur- und kommerziellen Sendern für alle Frequenzbereiche an. Ferner wird er in Eichgeneratoren verwendet.

3.9.2. Filterquarz

Im Aufbau unterscheidet sich dieses Bauelement nicht vom Schwingquarz. Es ist für Filter- und Selektionszwecke bestimmt und wirkt, allein oder gemeinsam mit Spulen und Kondensatoren, als frequenzbestimmendes Element in einer Filterschaltung. Der Filterquarz wird in einem weiten Frequenzbereich angewendet. Er wirkt als Selektionsmittel, so daß eine hohe Konstanz der Schaltung gewährleistet ist. Die große Flankensteilheit der mit ihm aufgebauten Filter bedingt eine extrem hohe Trennschärfe.

Das für den Amateur in Betracht kommende Anwendungsgebiet ist der Telegrafie-Kurzwellensuper und die Einseitenbandtechnik.

4. Elektroakustische und elektromechanische Einrichtungen

In der Radiotechnik gebräuchliche *elektroakustische Wandler* sind Lautsprecher und Kopfhörer (Fernhörer) als Schallsender, das Mikrofon als Schallempfänger. Ein *elektromechanischer Wandler* ist der Tonabnehmer.

Im Schallsender werden niederfrequente Ströme in akustische Schwingungen und im Schallempfänger akustische Schwingungen in niederfrequente Ströme umgesetzt. Der Tonabnehmer wandelt die dem Abtaststift mitgeteilten mechanischen Schwingungen in elektrische Schwingungen um.

4.1. Kopfhörer (Fernhörer)

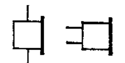


Bild 4.1. Kopfhörer

Das elektromagnetische Prinzip findet gegenüber dem elektrodynamischen häufiger Anwendung. Die Bestandteile sind das Kopfhörersystem und der mechanische Strahlerteil, die Membran.

4.2. Lautsprecher

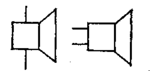


Bild 4.2. Lautsprecher

Das Lautsprechersystem arbeitet nach dem dynamischen, elektrostatischen oder piezoelektrischen Prinzip.

4.2.1. Elektrodynamischer Lautsprecher

Das erforderliche konstante Magnetfeld wird entweder durch einen Dauermagnet (*permanentdynamischer Lautsprecher*) oder einen Elektro-

magnet (*elektrodynamischer Lautsprecher*) erzeugt. Im Luftspalt des als Topf ausgebildeten Magnets ist eine Spule beweglich angeordnet. Diese Schwingspule oder Sprechspule wird von Sprechwechselströmen durchflossen, so daß sie in deren Rhythmus schwingt. Die mit der Spule starr verbundene großflächige Membran (Konusmembran) strahlt die akustischen Schwingungen ab.

4.2.2. Elektrostatischer Lautsprecher

Im Prinzip besteht dieser Lautsprecher aus einem unter Gleichspannung stehenden Plattenkondensator. Vor einer beweglichen Metallfolie ist eine feststehende, mit Löchern versehene Metallplatte angebracht. Die der Gleichspannung überlagerte Tonfrequenz (Sprechspannung) bewirkt, daß die Membran in deren Rhythmus schwingt und die Tonfrequenz abstrahlt.

Der elektrostatische Lautsprecher ist der typische Hochtonlautsprecher.

4.2.3. Kristallautsprecher

Den Effekt, daß spezielle Kristalle beim Anlegen einer Wechselspannung zu mechanischen Schwingungen angeregt werden, nutzt man bei piezoelektrischen Lautsprechern. Diese Schwingungen werden auf eine Membran übertragen.

Auch der Kristallautsprecher arbeitet im oberen Tonfrequenzbereich.

4.3. Mikrofon

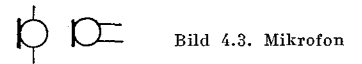


Bild 4.3. Mikrofon

Umwandlungen der Schallenergie können elektrodynamisch, elektrostatisch und piezoelektrisch erfolgen. Dementsprechend sind folgende Arten zu unterscheiden:

4.3.1. Kohlemikrofon

Aus Kohlestaub gepreßte Kohlekörner ändern bei Druckunterschieden ihren Widerstand. Diese Erscheinung nutzt man in Kohlemikrofonen aus. Auf die Membran auftreffende Schallwellen werden als Druckunterschiede auf die Kohlekörner weitergegeben. Der sich damit ständig ändernde Widerstand der Kohlekörner dient zur Umwandlung mechanischer Schwingungen in elektrische Schwingungen. Kohlemikrofone zeigen hohe Empfindlichkeit. Alle anderen Eigenschaften des Kohlemikrofons genügen nicht den heutigen Ansprüchen. Sie werden nur noch im Telefon und in der Amateurpraxis angewendet.

4.3.2. Tauchspulmikrofon (dynamisches Mikrofon)

Das System entspricht in der Funktionsweise dem des dynamischen Lautsprechers. In dem von einem kräftigen Magnetfeld radial durchsetzten ringförmigen Luftspalt des permanenten Magneten befindet sich eine mit einer Membran verbundene Spule. Diese Einheit wird durch die Schallschwingungen in entsprechende mechanische Schwingungen versetzt, so daß unter dem Einfluß des Magnetfeldes in der Spule tonfrequente Spannungen erzeugt werden. Im Rundfunk findet das Tauchspulmikrofon oft Verwendung.

4.3.3. Kondensatormikrofon

Eine rahmenverspannte Aluminiumfolie stellt die Membran dar. Sie bildet mit einer feststehenden Platte als Gegenelektrode einen Kondensator, dessen Kapazität sich im Rhythmus der Membranbewegungen ändert. Die Kapazitätsänderungen werden in tonfrequente Spannungen umgesetzt. Das Kondensatormikrofon wird als hochwertiger Schallempfänger viel verwendet.

4.3.4. Kristallmikrofon

Das System stellt eine bewußte Anwendung des Piezoeffekts einiger Kristalle, insbesondere den vom Seignettesalz dar. Die vom Schall

hervorgerufenen mechanischen Kristallschwingungen erzeugen auf der Oberfläche der Kristallplatte eine elektrische Ladung. Diese wird in Form tonfrequenter Schwingungen von den beidseitig am Kristall angebrachten Stanniolelektroden abgenommen. Dieses Mikrofon ist ebenfalls sehr verbreitet.

4.4. Tonabnehmer



Bild 4.4. Tonabnehmer

Der Tonabnehmer, an einem Tonarm angebracht, dient zur Abtastung der Schallplattenaufzeichnung. Auch hier sind verschiedene Möglichkeiten der Umsetzung mechanischer Schwingungen in elektrische Energie gegeben (elektromagnetisch, permanent-dynamisch, piezoelektrisch).

4.4.1. Elektromagnetischer Tonabnehmer

Ein Abtaststift, der den Rillenauslenkungen der Schallplatte folgt, versetzt den mit ihm starr verbundenen Anker in mechanische Schwingungen. Der Anker schwingt im Feld eines Magnets und erzeugt in der Tonabnehmerspule eine Wechselspannung. Diese Schwingungen entsprechen hinsichtlich der Frequenz als auch der Amplitude den Ankerschwingungen. Die am Tonabnehmer zur Verfügung stehende tonfrequente Spannung ist ein getreues Abbild der in der Schallrille festgehaltenen Schallschwingungen.

4.4.2. Permanentdynamischer Tonabnehmer

Eine mit dem Abtaststift verbundene Schwingspule wird in einem Magnetfeld bewegt. Die in der Spule induzierten Spannungen sind klein, man muß sie vorverstärken.

4.4.3. Kristalltonabnehmer

Die Bewegungen des Abtaststiftes versetzen zwei verkittete Kristallplättchen (Bariumtitanat, Ammoniumphosphat) in mechanische Schwingungen. Der piezoelektrische Effekt bewirkt die Umwandlung in tonfrequente Spannungen, die an den Kristallbelägen abgenommen werden. Auf Grund seiner günstigen Eigenschaften wird der Kristalltonabnehmer bevorzugt verwendet.

4.5. Sicherung

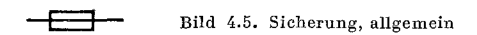


Bild 4.5. Sicherung, allgemein

Dieses Bauelement ist eine in den Stromkreis geschaltete Schutzvorrichtung, die bei Kurzschluß oder Überlastung unterbricht. Die in funktechnischen Geräten gebräuchlichen Ausführungen sind Stromsicherungen.

Feinsicherung

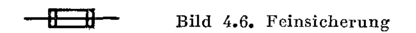


Bild 4.6. Feinsicherung

Für funktechnische Zwecke sind Feinsicherungen gebräuchlich. Sie bestehen aus einem mit Metallkappen versehenen Glasröhrchen, in dem sich ein bei bestimmter Temperatur schmelzender Draht befindet. Um verschiedene Abschaltzeiten bei Überstrom berücksichtigen zu können, werden flinke oder träge Sicherungen eingesetzt.

4.6. Skalenlampe

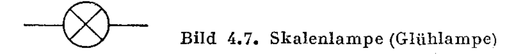


Bild 4.7. Skalenlampe (Glühlampe)

Gebräuchlich sind Soffittenlämpchen oder die normalen Glühlämpchen mit Gewinde. In Geräten mit E-Röhrenbestückung werden 6,3-V-Lampen, in solchen mit U-Röhren 100-mA-Lampen eingesetzt.

4.7. Stecker

Bild 4.8. Stecker

Bild 4.9. Stecker, abgeschirmt

4.8. Buchse

Bild 4.10. Buchse

Bild 4.11. Buchse, abgeschirmt

Bild 4.12. HF-Buchse

4.9. Steckverbindung

Bild 4.13. Steckverbindung

4.10. Schalter

Bild 4.14. Schalter allgemein; 2 Varianten

Bild 4.15. Schalter, einpolig, für 2 Richtungen

Sie dienen zum Öffnen, Schließen oder Umpolen von Stromkreisen.

5. Teilschaltungen

Zur Erleichterung der Übersicht über die vollständige Schaltung werden im folgenden Zusammenstellungen einzelner Schaltsymbole zu Teilschaltungen betrachtet. Die Zeichnungen stellen zumeist Prinzipschaltpläne (Schemata von Grundschaltungen) dar.

5.1. Elektrischer Schwingkreis

Der Schwingkreis ist durch Parallel- oder Serienschaltung eines Kondensators mit einer Spule gekennzeichnet. Die elektrischen Größen dieser Elemente bestimmen die Eigenfrequenz des Kreises. Je nachdem ob diese abstimmfähig sind oder nicht, spricht man von veränderlichen oder festen Kreisen. Die Abstimmung kann kapazitiv, durch Veränderung der Kapazität des Kondensators, oder induktiv, durch Veränderung der Induktivität der Spule, erfolgen. Grafisch dargestellt ergibt der Abstimmvorgang die sogenannte Resonanzkurve, deren Charakter die Güte des Kreises kennzeichnet.

In der Funktechnik hat der Schwingkreis hervorragende Bedeutung. Er ist ein Hilfsmittel bei der Erzeugung hochfrequenter oder niederfrequenter Schwingungen und dient zum Aussieben bestimmter Frequenzen aus einem Frequenzgemisch.

5.1.1. Parallelschwingkreis

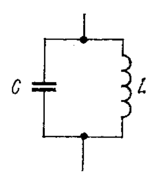


Bild 5.1. Parallelschwingkreis

5.1.2. Reihenschwingkreis

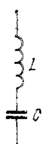


Bild 5.2. Reihenschwingkreis

Im Antennenkreis von Überlagerungsempfängern arbeitet ein auf die Zwischenfrequenz fest abgestimmter Schwingkreis, bestehend aus Sperrkreis oder Saugkreis.

5.1.3. Sperrkreis

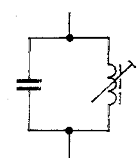


Bild 5.3. Sperrkreis

5.1.4. Saugkreis



Bild 5.4. Saugkreis

5.1.5. Bandfilter

Bandfilter sind zwei (gelegentlich auch mehrere) auf die gleiche Frequenz abgestimmte und miteinander verkoppelte Schwingkreise. Auf Grund ihrer Kopplungsart unterscheidet man:

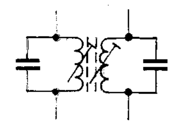


Bild 5.5. Bandfilter, induktive Kopplung

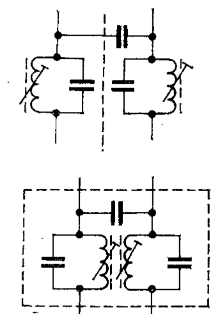


Bild 5.6. Bandfilter, kapazitive Kopplung

Bild 5.7. Bandfilter, induktiv-kapazitive Kopplung

5.2. Ankopplung der Antenne (an Eingangskreise mit Einzelschwingkreisen)

Es bestehen mehrere Möglichkeiten, die Antenne an den Empfängereingang anzukoppeln. Sie richten sich nach den Erfordernissen und nach den jeweiligen Gegebenheiten.

Galvanische Kopplung

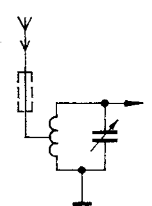


Bild 5.8. Galvanische Kopplung

Die Ankopplung kann auch über einen ohmschen Widerstand erfolgen; sie ist nicht gleichstromfrei.

Kapazitive Kopplung

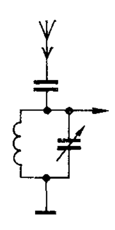


Bild 5.9. Kapazitive Kopplung

Bei dieser Kopplung entfällt die Antennenspule. Erfolgt die Einkopplung am heißen Ende über eine Kapazität von einigen Picofarad, spricht man von einer Spannungskopplung. Die Spannungskopplung ist für höhere Frequenzen besonders geeignet.

Induktive Kopplung

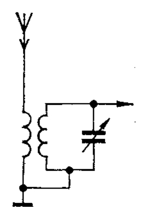


Bild 5.10. Induktive Kopplung

Das Kennzeichen der Kopplung ist das gemeinsame magnetische Feld der beiden Spulen. Diese Kopplungsart ist daher völlig gleichstromfrei.

Induktiv-kapazitive Kopplung

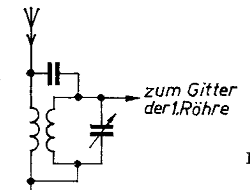


Bild 5.11. Induktiv-kapazitive Kopplung

Mit dieser kombinierten Kopplung kann eine sehr gleichmäßige Spannungsübertragung erreicht werden.

Fußpunktkopplung

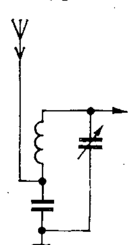


Bild 5.12. Fußpunktkopplung

Die Einkopplung erfolgt mit einer relativ großen Kapazität (etwa 5000 pF). Bei dieser Stromkopplung werden die niedrigen Frequenzen bevorzugt.

5.3. Kopplung von Niederfrequenzstufen

Die Kopplung der Stufen im Niederfrequenzverstärker kann über einen NF-Transformator oder eine Widerstand-Kondensator-Kombination (RC-Glied) erfolgen.

5.3.1. Transformatorkopplung

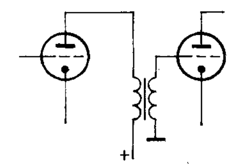


Bild 5.13. Transformatorkopplung

Das Kopplungsglied ist ein NF-Transformator mit kleinem Übersetzungsverhältnis (etwa 1:3). Nach einer Schirmgitterröhre läßt sich diese Kopplungsart wegen des hohen Röhreninnenwiderstandes nicht verwenden. Außer in Röhrengegentaktendstufen findet man die Transformatorkopplung in Transistorgeräten, besonders zwischen der Treiberstufe und dem Gegentaktendverstärker.

5.3.2. RC-Kopplung

Das Kennzeichen dieser Kopplungsart ist eine Kombination aus dem hochohmigen Außenwiderstand R_a und dem Kondensator C. Im transistorisierten Verstärker ist der Ankopplungskondensator ein Elektrolyt-Niedervolttyp mit hoher Kapazität; der Ankopplungs-

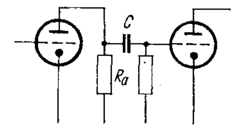


Bild 5.14. RC-Kopplung (Röhrenschaltung)

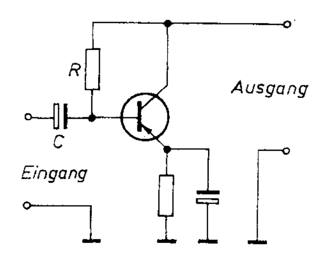


Bild 5.15.
RC-Kopplung (Transistorschaltung)

widerstand liegt bei einigen hundert Kiloohm. Die RC-Kopplung hat sich in der Mehrzahl der NF-Verstärkerschaltungen durchgesetzt.

5.4. Rückkopplung

Kennzeichnend für das Rückkopplungsprinzip ist die teilweise Zurückführung der verstärkten Spannung des Anodenkreises auf den Gitterkreis. Fast immer wird die Rückkopplungsspule (L_R) an die Gitterkreisspule (L) induktiv gekoppelt. Die Rückkopplung muß man kurz vor der Selbsterregung (kritische Kopplung) einstellen. Die Regelung der Rückkopplung läßt sich in verschiedener Weise durchführen.

5.4.1. Induktive Regelung

Diese klassische Form der Rückkopplungsregelung ist nicht mehr gebräuchlich, da die Änderung des Kopplungsgrades der beiden Spulen eine Verstimmung des Gitterkreises hervorruft.

5.4.2. Kapazitive Regelung

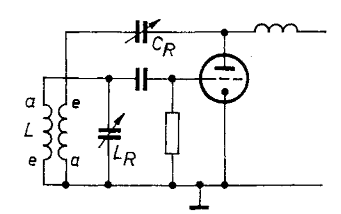


Bild 5.16.
Kapazitive Regelung

Die Kopplung der Spulen L/L_R ist fest eingestellt. Die Regelung geschieht mit dem veränderbaren Kondensator C_R. Auch hier findet eine gewisse Verstimmung des Eingangskreises statt.

Kapazitive Regelung mit dem Differentialkondensator

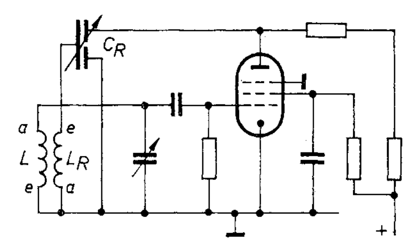


Bild 5.17.
Regelung mit
Differentialkondensator

Der Differentialkondensator C_R regelt sowohl die Spannung in der mit der Gitterspule L gekoppelten Rückkopplungsspule L_R als auch in dem Zweig Anode/Katode.

5.4.3. Regelung durch Veränderung der Schirmgitterspannung

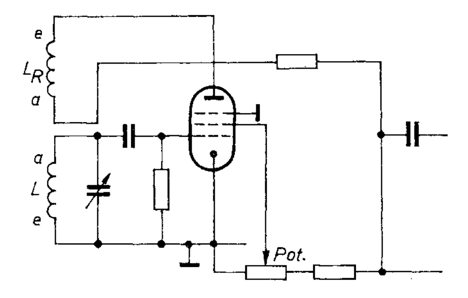


Bild 5.18.
Regelung durch
Veränderung der
Schirmgitterspannung

Bei dieser Schaltung wird die Schirmgitterspannung mit einem Potentiometer, das eine lineare Regelcharakteristik hat, verändert. Eine Pentode oder Heptode ist dazu notwendig. Die Einstellung ist sehr fein regelbar; eine Verstimmung des Gitterkreises tritt praktisch nicht auf.

Diese Art der Regelung ist bei Kurzwellenaudionempfängern weit verbreitet.

Grundsätzlich ist eine Rückkopplung auch mit einer kapazitiven Spannungsteilung möglich.

5.5. Erzeugung der Gittervorspannung

Die heute gebräuchlichen Verfahren sind:

5.5.1. Gittervorspannungserzeugung mit einem Katodenwiderstand

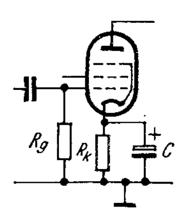


Bild 5.19.
Gittervorspannungserzeugung mit Katodenwiderstand

An dem Katodenwiderstand R_k wird ein Spannungsabfall hervorgerufen, so daß das Gitter der Katode gegenüber negativ wird. Die Größe der Vorspannung verschiebt sich, in Abhängigkeit vom Anodenstrom, automatisch in Richtung höherer oder niedrigerer Werte. Damit nur reine Gleichspannung am Gitter wirksam ist, muß man R_k mit einem Kondensator C überbrücken.

5.5.2. Gittervorspannungserzeugung mittels Anlaufstrom

Der Gitteranlaufstrom wird durch die Eigengeschwindigkeit der Elektronen hervorgerufen, die aus der erhitzten Katode austreten.

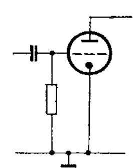


Bild 5.20.
Gittervorspannungserzeugung mittels Anlaufstrom

Er gelangt zum Gitter, ohne daß an diesem eine Spannung anliegt. Der Gitterwiderstand ist hochohmig (5 bis 10 MΩ). Dieses Verfahren der Gitterausgangserzeugung wird in Vorstufen angewendet.

5.6. Erzeugung der Regelspannung

Die Demodulatordiode („Musikdiode") läßt sich gleichzeitig zur Erzeugung der Regelspannung für eine automatische Verstärkungs-

regelung (Schwundausgleich, Fadingkompensation) heranziehen. In diesem einfachen Falle ist aber nur eine *unverzögerte Regelung* möglich.

Die *verzögerte automatische Verstärkungsregelung* verhindert, daß sich beim Empfang schwacher Sender bereits eine Regelspannung bildet, wodurch eine Herabsetzung der Verstärkung hervorge-

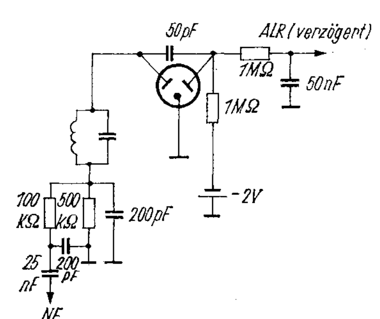


Bild 5.21.
Verzögerte automatische Verstärkerregelung

rufen wird. Die Schaltung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Entnahme der Regelspannung an einer der beiden Diodenstrecken einer Duodiode erfolgt. Da man beim Empfang sogar sehr schwacher Sender die Verstärkung voll ausnutzen kann, ist diese (spannungsmäßig, nicht zeitlich) verzögerte Regelung besonders im Amateurbetrieb von großem Interesse.

5.7. Gleitende Schirmgitterspannung

Voraussetzung für eine wirksame automatische Verstärkungsregelung sind Regelröhren. Durch die gleitende Schirmgitterspannung wird eine Änderung des Verstärkungsgrades der Röhre herbeigeführt. Die dem Steuergitter der zu regelnden Röhren zugeführte Regelspannung

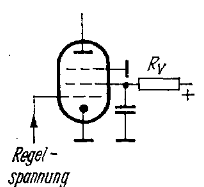


Bild 5.22. Gleitende Schirmgitterspannung

bewirkt eine Änderung der Anoden- und Schirmgitterspannung. Das Merkmal der gleitenden Schirmgitterspannung ist der Vorwiderstand R_v.

5.8. Steuerung der Abstimmanzeigeröhre

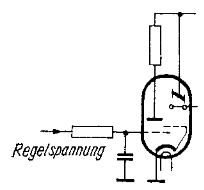


Bild 5.23. Steuerung der Abstimmanzeigeröhre

Die Regelspannung kann man zur Steuerung einer Abstimmanzeigeröhre heranziehen. Die Steuerspannung wird dem Steuergitter der Röhre zugeführt.

5.9. Lautstärkeregelung

Zur Lautstärkeregelung werden Potentiometer mit logarithmischer Regelcharakteristik benutzt. Sie werden am NF-Verstärkereingang angeordnet.

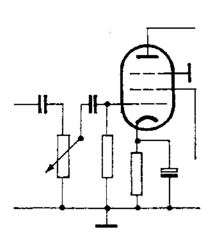


Bild 5.24. Regelung im Röhrenverstärker

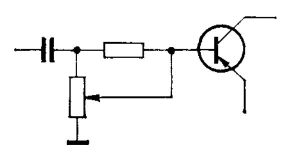


Bild 5.25. Regelung im Transistorverstärker

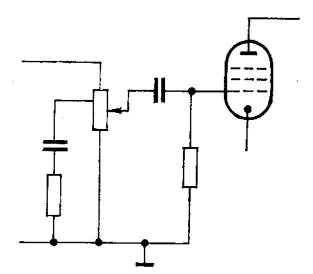


Bild 5.26.
Gehörrichtige Lautstärkeregelung

Sie entspricht der abnehmenden Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs bei kleinen Lautstärken im Bereich der tiefen Frequenzen. Der Regelwiderstand wird bei einem Widerstandswert von etwa 30 % abgegriffen. Den Abgriff muß man über ein RC-Glied an Masse legen. Beim Herabregeln werden die hohen Töne geschwächt, die tiefen erscheinen angehoben.

5.10. Klangregelung

Die Klangregeleinrichtungen beeinflussen den Frequenzgang, so daß die Tonwiedergabe dem individuellen Klangempfinden des Hörers angepaßt werden kann.

Die ursprüngliche *Tonblende* genügt nicht mehr den Klangqualitätsansprüchen. Einrichtungen nach Bild 5.28. entsprechen eher den Forderungen, die man heute an die Tonwiedergabe stellt.

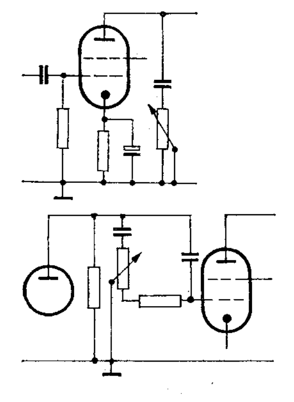


Bild 5.27.
Einfache Klangregelung (Tonblende) im Röhrenverstärker

Bild 5.28. Verbesserte Klangregelung

Im Transistorempfänger wird die Klangfarbe mit einem 50-kΩ-Potentiometer, im Beispiel in der zweiten NF-Vorverstärkerstufe, geregelt.

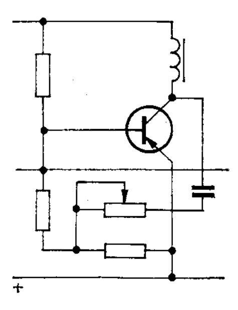


Bild 5.29.
Klangregelung im Transistorverstärker

Durch getrennte Höhen- und Tiefenregelung lassen sich Klangbilder erzeugen, die an Naturtreue kaum zu wünschen übriglassen (Bild 5.30.). Eine weitere Möglichkeit der Klangbeeinflussung bieten die Klangregister, die wie die vorher genannte Einrichtung mit Netzwerken arbeiten.

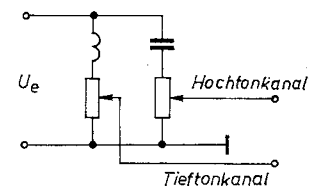


Bild 5.30.
Trennfilter im Zweikanalverstärker

5.11. Gegenkopplung

Die Gegenkopplung ist ein geeignetes Mittel, die in Verstärkern unvermeidlichen nichtlinearen Verzerrungen auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Im Gegensatz zur Rückkopplung wird ein Teil der verstärkten Spannung gegenphasig zum Eingang der verstärkenden Anordnung zurückgeführt. Dabei tritt ein Verstärkungsverlust auf. Es werden Strom- und Spannungsgegenkopplung angewendet. Die einfachste Form der *Stromgegenkopplung* ist dadurch gekennzeichnet, daß der übliche, den Katodenwiderstand überbrückende Kondensator entfällt.

Für die *Spannungsgegenkopplung*, die man in vielen neuen Schaltungen findet, gibt es zahlreiche Varianten. Im gegebenen Beispiel erfolgt die Gegenkopplung durch Spannungsteilung.

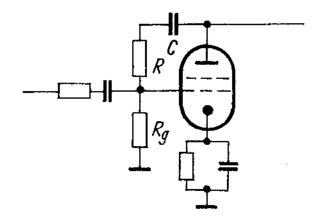


Bild 5.31. Spannungsgegenkopplung

5.12. Bandbreiteregelung

Diese für AM-Empfang gebräuchliche Regelung, die den jeweils günstigsten Kompromiß zwischen übertragender Bandbreite und erforderlicher Trennschärfe darstellt, setzt voraus, daß sich die Durchlaßkurve der fest abgestimmten Bandfilter des Zwischenfrequenzverstärkers symmetrisch ändert. In der Praxis erfolgt deswegen die Bandbreiteregelung meist nach dem Fahrstuhlprinzip.

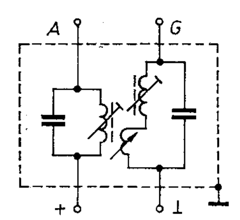


Bild 5.32.
Kontinuierliche Bandbreiteregelung nach dem Fahrstuhlprinzip (A – Anode; G – Gitter)

5.13. Bandspreizung

Um auf den Kurzwellenbändern die Einstellung der meist dicht beieinander liegenden Stationen zu erleichtern, bedient man sich der Bandspreizung. Sie läßt sich mit Parallel- oder/und Serienkapazitäten bzw. umschaltbaren Induktivitäten erreichen.

Einige Varianten:

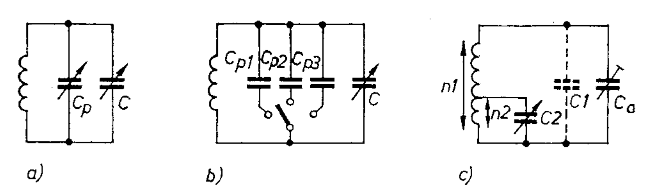


Bild 5.33
Bandspreizung durch Parallelkapazität
a – mit Drehkondensator als Bandsetzkondensator
b – mit umschaltbaren Festkapazitäten
c – mit Parallelkapazität zu einer Teilwicklung der Kreisspule

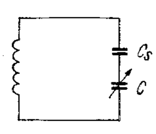


Bild 5.34. Bandspreizung durch Serienkapazität

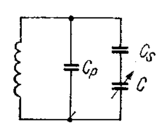


Bild 5.35. Bandspreizung durch Parallel-/Serienkapazität

Die im Super mitunter gebräuchliche Kurzwellenlupe ist ein der Oszillatorspule der Mischstufe parallelgeschaltetes Spulenvariometer.

5.14. Gleichstromfreier Kopfhöreranschluß

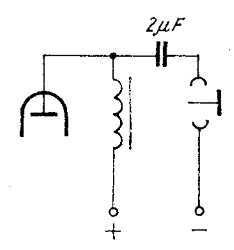


Bild 5.36.
Gleichstromfreier Kopfhöreranschluß

Der Anschluß kann über einen Niederfrequenztransformator erfolgen, dessen Primärwicklung dem Außenwiderstand der Röhre

des NF-Verstärkers und dessen Sekundärwicklung dem Widerstand des Kopfhörers (meist 2000 Ω) angepaßt ist.

Eine andere Möglichkeit ist der Anschluß über ein LC-Glied, eine NF-Drossel und einen Kondensator (Bild 5.36.).

5.15. Entkopplung

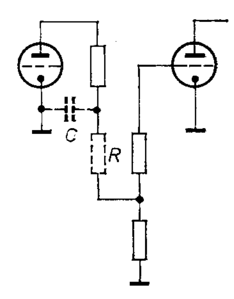


Bild 5.37.
Entkopplung mit Widerstand-Kondensator-Kombination

Die Entkopplung verhindert gegenseitige Beeinflussung gekoppelter Bauelemente, Baugruppen oder kompletter Geräte. Bevorzugt wird die RC-Entkopplung benutzt.

6. Schaltpläne für Baustufen

Die im folgenden zu betrachtenden Schaltpläne einzelner Baustufen enthalten im allgemeinen einen oder mehrere der in Abschnitt 5. dargestellten Schaltungskomplexe. In einigen Fällen handelt es sich um Varianten.

6.1. Stromversorgungsteil

Zur Stromversorgung nachrichtentechnischer Geräte dient der Netzteil, dem die erforderlichen Anoden-(Schirmgitter-) und Heizspannungen entnommen werden.

6.1.1. Netzteil mit Gleichrichterröhre

Einweggleichrichtung

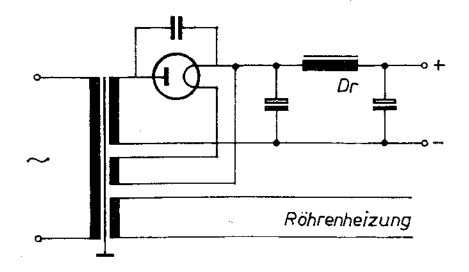


Bild 6.1. Einweggleichrichtung

Verwendet wurde eine direktgeheizte Einweggleichrichterröhre. Sie ist zur Vermeidung von Brummodulation mit einem Kondensator überbrückt.

Doppelweggleichrichtung

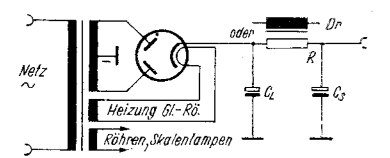


Bild 6.2.
Doppelweggleichrichtung

Es ist eine Schaltung mit indirekt geheizter Doppelweggleichrichterröhre dargestellt.

In beiden Fällen ist der gleichgerichtete Wechselstrom ein pulsierender Gleichstrom, so daß eine Glättung vorgenommen werden muß. Eine nachgeschaltete Siebkette bewirkt die Glättung, die im ersten Fall einen größeren Aufwand an Schaltmitteln erfordert.

6.1.2. Netzteil mit Halbleitergleichrichter

Die 4 Grundschaltungen:

Einweggleichrichtung

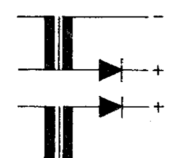
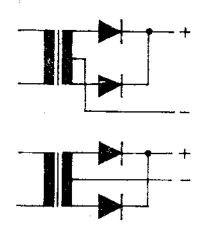


Bild 6.3.
Grundsatzschaltungen für Netzteile mit Halbleitergleichrichtern

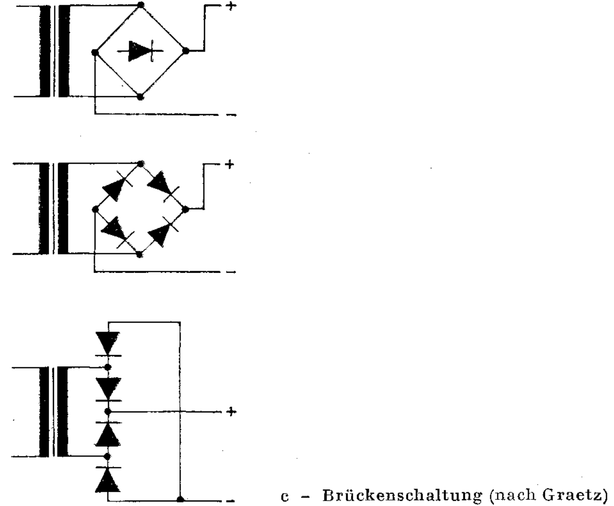
a – Einweggleichrichtung

Mittelpunktschaltung



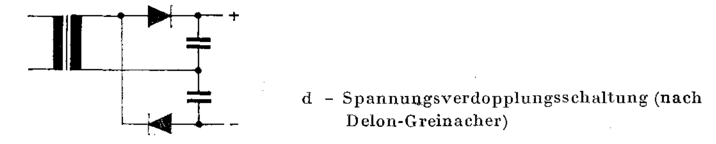
b – Mittelpunktschaltung

Brückenschaltung (Graetzschaltung)



c – Brückenschaltung (nach Graetz)

Spannungsverdopplungsschaltung (Delon-Greinacher-Schaltung)



d – Spannungsverdopplungsschaltung (nach Delon-Greinacher)

Netzgleichrichterschaltung (Mittelpunktschaltung) für Transistorempfänger mit Germaniumgleichrichtern

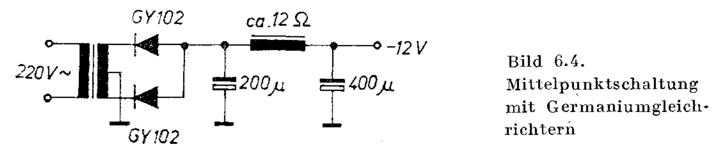


Bild 6.4. Mittelpunktschaltung mit Germaniumgleichrichtern

Diese Spezialschaltung arbeitet im Siebglied mit Elektrolytkondensatoren sehr hoher Kapazität.

Wechselstromnetzteil in Einweggleichrichtung mit Spartransformator und Halbleitergleichrichter

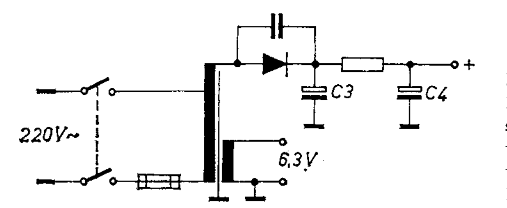


Bild 6.5. Einweggleichrichterschaltung mit Spartransformator (Autotransformator) und Halbleitergleichrichter

Die Anodenspannung wird von der Transformatorprimärwicklung abgenommen; die einzige Sekundärwicklung ist die Heizwicklung. Da diese Schaltung das Empfangsgerät nicht vom Stromnetz trennt, sind Berührungsschutzmaßnahmen erforderlich. Derartige Maßnahmen sind: Doppelpolnetzschalter, Isolierstoffschrauben für Befestigung des Metallchassis und der Bedienungsknöpfe. Sollten für deren Befestigung metallische Madenschrauben verwendet werden, dann müssen die Schraubenlöcher mit Paraffin oder einem sonstigen Isoliermittel ausgegossen werden. Jedenfalls dürfen von außen her keine metallischen Teile des Gerätes zugänglich sein! Eine optimale Sicherheit bietet ein *Trenntransformator.*

6.2. Eingangsstufe (HF-Verstärker, Tuner)

HF-Stufen haben die Aufgabe, von der Antenne eingespeiste Hochfrequenzspannungen zu verstärken, die Vorselektion zu verbessern und das Rauschen herabzusetzen. Diese Funktionen erfüllt der abgestimmte oder Resonanzverstärker.

Schematische Eingangsschaltungen siehe auch Abschnitt 5.2., Bilder 5.8., 5.9., 5.10., 5.11., 5.12.

6.2.1. Eingangsstufe mit Bandfilter

Eingangskreise mit Bandfiltern haben eine sehr günstige Form der Resonanzkurve. Auf dem gesamten Frequenzbereich weisen diese Filter eine annähernd gleichmäßige Bandbreite auf. Es läßt sich gute Trennschärfe erzielen.

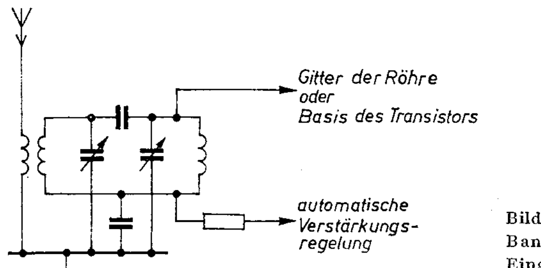


Bild 6.6.
Bandfilter-
Eingangskreis

Die in Bild 6.6. dargestellte Eingangsstufe arbeitet mit innerer und äußerer kapazitiver Kopplung.

6.2.2. Resonanzverstärker

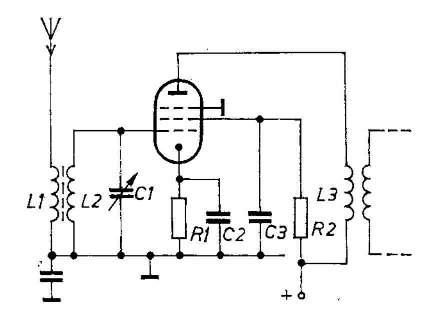


Bild 6.7.
Abgestimmter
Hochfrequenzverstärker

Dieser Typ arbeitet mit einem abstimmbaren Gitterkreis. Die Röhre ist zweckmäßigerweise eine rauscharme Pentode oder Heptode. Über die im Anodenkreis der Röhre liegende Spule L3 wird die verstärkte Spannung auf die folgende Stufe übertragen.

In UKW-Schaltungen lassen sich Hochfrequenzverstärker in Katodenbasis-, Gitterbasis- und Zwischenbasisschaltung aufbauen. Die Katodenbasisschaltung hat ihre ursprüngliche Bedeutung verloren.

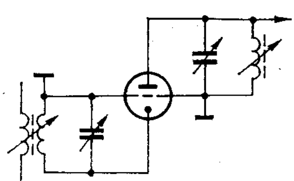


Bild 6.8.
Gitterbasisschaltung

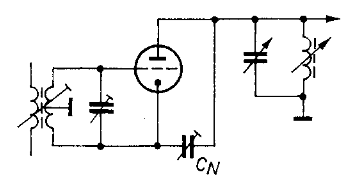


Bild 6.9. Zwischenbasisschaltung

6.2.3. Aperiodischer Verstärker

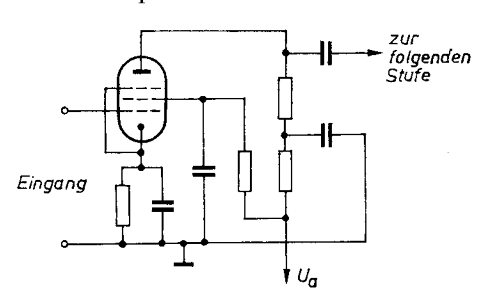


Bild 6.10.
Aperiodischer
HF-Verstärker

Er ermöglicht die Verbesserung der Empfindlichkeit und des Signal/Rausch-Verhältnisses; die Trennschärfe wird *nicht* verbessert.

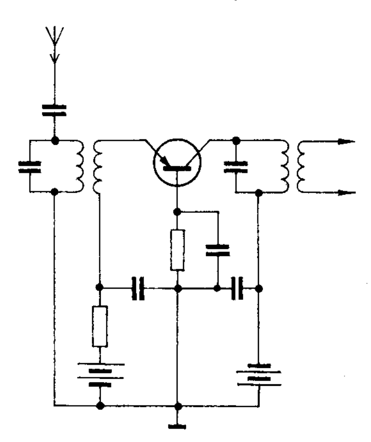


Bild 6.11.
HF-Verstärker in
Basisschaltung

Um bei der *Basisschaltung* die Anodenkreisbedämpfung durch den Eingangswiderstand der folgenden Stufe zu verringern, gestaltet man deren Ankopplung als Transformatorkopplung. Diese *Emitterschal-*

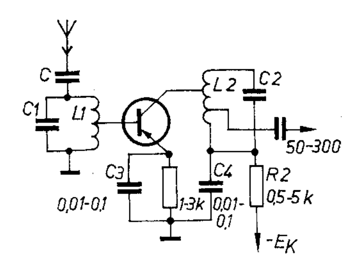


Bild 6.12. HF-Verstärker in Emitterschaltung

tung arbeitet mit Flächentransistoren. Eine Besonderheit der Schaltung ist der nicht voll in den Kollektorkreis geschaltete Schwingkreis. Damit wird der Einfluß des Transistorausgangswiderstandes auf den Schwingkreis herabgesetzt.

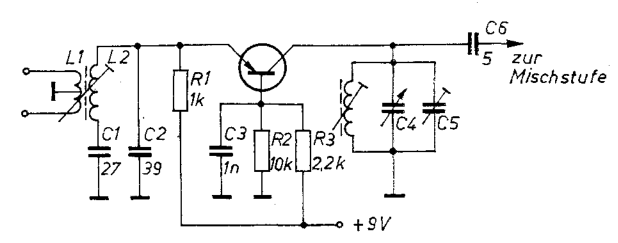


Bild 6.13. UKW-Tuner in Basisschaltung (entnommen aus *Der junge Funker*, Nr. 16)

Der *UKW-Tuner* in Basisschaltung arbeitet mit einem normalen HF-Drifttransistor. Durch feste Ankopplung des Transistors an den Kreis wird dieser stark bedämpft; seine Bandbreite entspricht dann der des gesamten UKW-Bereichs.

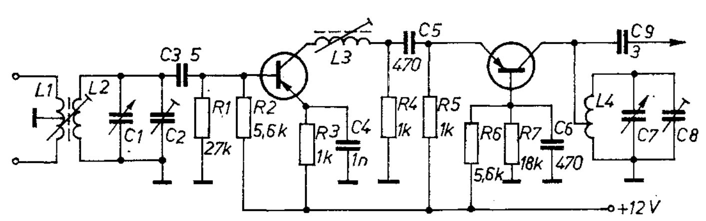


Bild 6.14. UKW-Kaskodeeingangsstufe (entnommen aus *Der junge Funker*, Nr. 16)

Die *UKW-Kaskodeeingangsstufe* wird mit 2 Transistoren betrieben: T1 in Emitterschaltung, T2 in Basisschaltung. Der abgestimmte Eingangskreis wird wegen des hohen Eingangswiderstandes der Transistorstufe über C3 lose an die Basis gekoppelt. Der weitere Signalweg läuft über L3 (mit dieser bildet die Transistor-Ausgangskapazität einen Tiefpaß), C5 und die Basisstufe zum Zwischenkreis L4, C7, C8. Hohe Schwingsicherheit der Stufe wird durch Anzapfung der Spule L4 erzielt.

6.3. Mischstufe

Die Mischstufe ist das charakteristische Merkmal des Supers. Ihre Wirkungsweise: Die mit Tonfrequenz modulierte Empfangsfrequenz (Eingangsfrequenz f_e) wird durch eine unmodulierte Hilfsfrequenz (Oszillatorfrequenz f_o) überlagert. Es entsteht eine neue Frequenz (Zwischenfrequenz f_z). Diese nutzt man zum Empfangsvorgang. Es ist zwischen additiver und multiplikativer Mischung zu unterscheiden.

6.3.1. Multiplikative Mischung

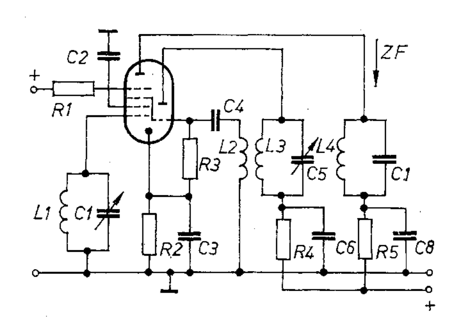


Bild 6.15. Multiplikative Mischung (Rechter C1 ≙ C7)

Dieses Verfahren wird heute im AM-Super allgemein angewendet. Als Mischröhre dient eine Triode-Hexode oder Triode-Heptode. Dem Steuergitter des Hexoden- bzw. Heptodensystems führt man die am

abstimmbaren Schwingkreis L1/C1 entstehende Eingangsspannung zu. Das zweite Steuergitter in diesem System steht mit dem Gitter des Triodenteils in unmittelbarer Verbindung. Im Triodenteil wird die Oszillatorfrequenz erzeugt. Der Komplex arbeitet mit dem Gitterableitwiderstand R3, dem Kopplungskondensator C4, der Rückkopplungsspule L2 und dem im Anodenkreis liegenden, frequenzbestimmenden Schwingkreis L3/C5. (Ein im Anodenkreis mit C5 in Reihe geschalteter Verkürzungskondensator (Padding) ist im Schaltbild nicht eingezeichnet.) Die Gleichspannung für die Anode der Triode wird über das Siebglied R4/C6 zugeführt. Die Zwischenfrequenzspannung entsteht im Anodenkreis L4/C7. Das Glied R5/C8 dient zur Entkopplung.

6.3.2. Additive Mischung

In Röhrenschaltungen hat sich die additive Mischung für den Empfang frequenzmodulierter Schwingungen (UKW-Empfang) durchgesetzt. Moderne Schaltungen dieser Art enthalten eine „selbstschwingende Triode". Im gleichen Röhrensystem wird einerseits die Oszillatorspannung erzeugt und andererseits die Überlagerung (Mischung) vorgenommen.

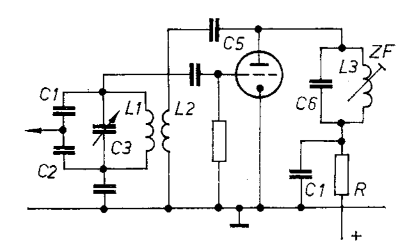


Bild 6.16. Additive Mischung (Rechter C1 ≙ C7)

Dem Eingangskreis, bestehend aus C1, C2, C3, C4 und L1, geht häufig eine HF-Verstärkerstufe voraus. L2 ist die Rückkopplungsspule, die über C5 Hochfrequenzspannung erhält. Hiermit werden Oszillatorschwingungen erzeugt. Die Eingangsspannung wird zwischen C1 und C2 eingekoppelt. Am Anodenkreis C6/L3 steht dann die Zwischenfrequenz zur Verfügung.

Mit *Transistoren* läßt sich normalerweise nur die additive Mischung anwenden. Moderne Empfangsgeräte weisen meistens die selbstschwingende Mischstufe, mitunter mit Oszillatorbrücke, auf.

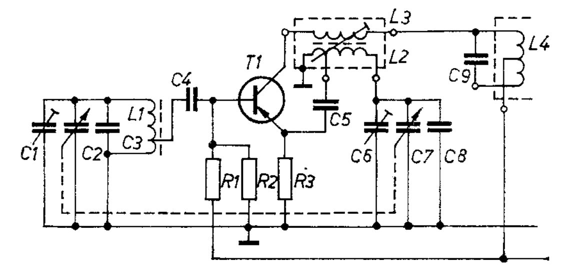


Bild 6.17.a Selbstschwingende Mischstufe

Die *selbstschwingende Mischstufe* ist dadurch gekennzeichnet, daß ein einziger Transistor die Oszillatorspannung erzeugt (in Basisschaltung) und die Mischung bewirkt (in Emitterschaltung).

L1, eine auf einen Ferritstab gewickelte Spule, ist zugleich Antenne und Schwingkreisinduktivität. Die erforderliche Basisvorspannung steht am Spannungsteiler R1, R2 zur Verfügung. Die in der Kollektorleitung befindliche Rückkopplungsspule koppelt auf den aus L2, C6, C7, C8 gebildeten Oszillatorkreis (Meißnerrückkopplung). Die Zwischenfrequenz entsteht im Kollektorkreis L4, C9.
Die *selbstschwingende Mischstufe mit Oszillatorbrücke* ist besonders für Kurzwellen geeignet. Bei dem geringen Abstand von Eingangs- und Oszillatorfrequenz schließt die Brücke eine gegenseitige Beeinflussung beider Schwingkreise aus.

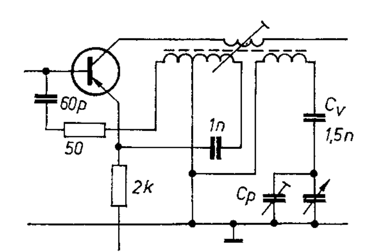


Bild 6.17.b
Oszillatorbrücke der selbstschwingenden Mischstufe

In Transistor-Mischschaltungen ist auch ein getrennter Oszillator gebräuchlich.

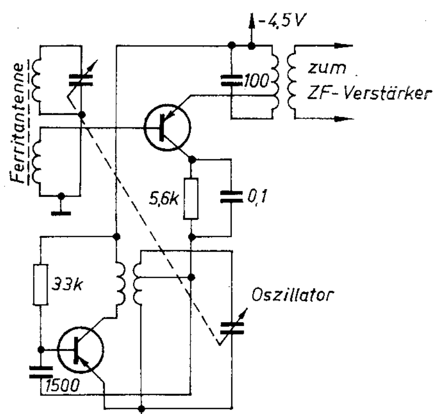


Bild 6.18. Mischstufe mit getrenntem Oszillator

6.3.3. Oszillatoren

Meißner-Oszillator

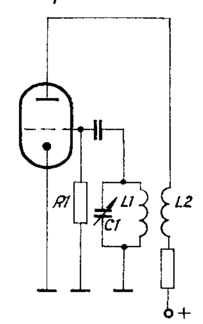


Bild 6.19. Meißner-Oszillator

Diese Schaltung arbeitet mit induktiver Rückkopplung. Mit dem elektrisch gleichdimensionierten Vorkreisdrehkondensator ist der Oszillatordrehkondensator mechanisch gekoppelt.

Hartley-Oszillator

Bei dieser Dreipunktschaltung mit induktiver Spannungsteilung wird der Rückkopplungsgrad von den Spulenteilen L1/L2 bestimmt.

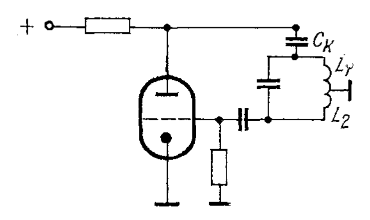


Bild 6.20. Hartley-Oszillator

Colpitts-Oszillator

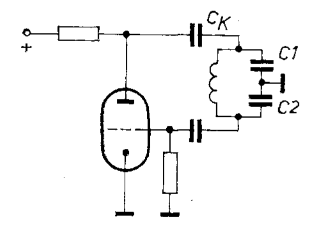


Bild 6.21. Colpitts-Oszillator

Der Rückkopplungsgrad dieser Dreipunktschaltung mit kapazitiver Spannungsteilung wird von dem Verhältnis C1/C2 bestimmt.

ECO (Elektronengekoppelter Oszillator)

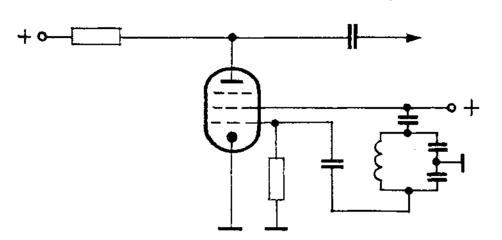


Bild 6.22. ECO – Elektronengekoppelter Oszillator

Diese abgewandelte Dreipunktschaltung wird wegen ihrer guten Frequenzkonstanz in Kurzwellenempfängern bevorzugt. Die mittels Gitter 2 erzeugte Oszillatorspannung wird über die Anode ausgekoppelt.

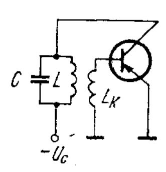


Bild 6.23. Meißner-Oszillator in Emitterschaltung

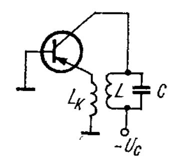


Bild 6.24. Meißner-Oszillator in Basisschaltung

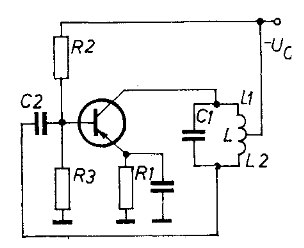


Bild 6.25. Hartley-Oszillator in Basisschaltung

Die Rückkopplungsspannung wird über C2 der Basis zugeführt. Der Abgriff an der Rückkopplungsspule L bestimmt den Rückkopplungsgrad. Gemeinsam mit dem Emitterwiderstand R1 legt der Basis-Spannungsteiler R2, R3 den Arbeitspunkt fest.

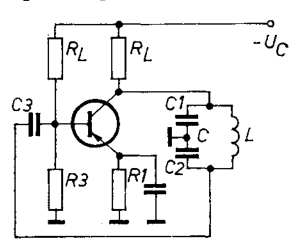


Bild 6.26. Colpitts-Oszillator in Emitterschaltung (linker $R_L \triangleq R2$)

Ein Teil des Schwingkreisstromes wird als Rückkopplung über C3 der Basis zugeführt. Die Widerstände R1, R2, R3 und R_L stellen den Arbeitspunkt ein.

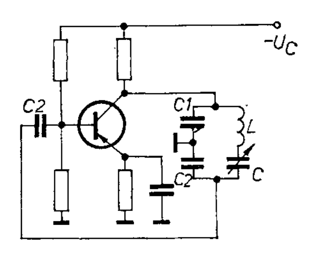


Bild 6.27. Clapp-Oszillator in Basisschaltung

Die Schaltung entspricht der des Colpitts-Oszillators mit Ausnahme der der Schwingkreisspule in Reihe geschalteten Kapazität. Da sich die Schaltung durch große Frequenzkonstanz auszeichnet, ist sie besonders für Kurzwellenschaltungen geeignet.

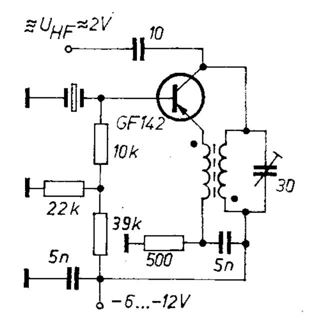


Bild 6.28.
Quarzoszillator für hohe Frequenzen (VHF) (entnommen aus *Der junge Funker*, Nr. 16)

Der *Quarzoszillator* für hohe Frequenzen (VHF-Bereich) arbeitet mit einem Oberwellenquarz.

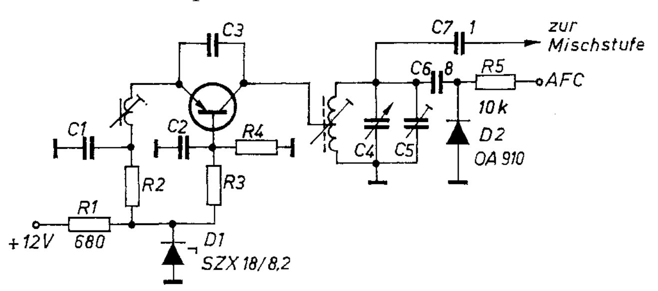


Bild 6.29.
Oszillator mit automatischer Frequenznachstimmung und Arbeitspunktstabilisierung (entnommen aus *Der junge Funker*, Nr. 16)

Der *Oszillator mit automatischer Frequenz- und Arbeitspunktnachstimmung* demonstriert die praktische Anwendung der Kapazitätsdiode. Sie wird als veränderbare Kapazität in einem Korrekturglied (AFC = *automatic frequency control*) dargestellt. Der Anschluß an den Oszillatorkreis geschieht über einen Verkürzungskondensator. Die Demodulatorstufe liefert die erforderliche Steuerspannung.

Entspricht die eingestellte Frequenz eines Senders nicht dem Nulldurchgang der Spannung des Ratiodetektorfilters (fehlerhafte Abstimmung), entsteht eine Gleichspannung, die die Kapazität der

Diode und damit die Abstimmung des Oszillators so lange ändert, bis dieser den richtigen Frequenzwert erreicht hat.

In der angegebenen Schaltung liegen die Frequenzgrenzen im Fangbereich bei 200 kHz, im Haltebereich bei 400 kHz.

6.4. Zwischenfrequenzverstärkerstufe

Um den folgenden Demodulator auszusteuern, muß die aus der Mischstufe hervorgegangene Zwischenfrequenz verstärkt werden. Als ZF-Verstärker werden meistens Bandfilterverstärker (mit zweikreisigen Bandfiltern) verwendet. Sie weisen dem Resonanzverstärker mit Einzelkreisen gegenüber bessere Resonanzkurvenform und höhere Trennschärfe auf. Die Filter sind im Rundfunkempfänger kritisch gekoppelt; im Amateurempfänger ist die unterkritische Kopplung üblich. Sie ergibt eine schmale Durchlaßkurve. Um eine gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Stufen auszuschließen, sind einige Maßnahmen erforderlich: Metallische Abschirmung der Bandfilter, kürzeste Leitungsführung, getrennte Erdpunkte für jede ZF-Stufe.

2stufiger Zwischenfrequenzverstärker mit Bandfiltern

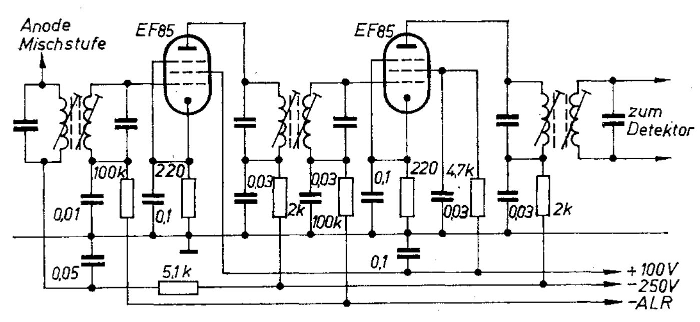


Bild 6.30.
2stufiger Zwischenfrequenzverstärker mit Bandfiltern (entnommen aus *electronicum*)

Die am Steuergitter der 1. Röhre *EF* 85 stehende modulierte ZF-Spannung wird im Pentodensystem verstärkt; sie fällt am Anodenkreis des 2. Bandfilters ab. Dieser Vorgang wiederholt sich in der 2. ZF-Stufe. Die am Anodenkreis des 3. Filters stehende endverstärkte

Spannung wird anschließend aus den als Diodenkreis arbeitenden Sekundärkreis übertragen. In transistorisierten Schaltungen sind 3 Stufen das Minimum für eine ausreichende Verstärkung. Der ZF-Verstärker kann in Emitter-, Basis- oder Kaskodeschaltung aufgebaut werden. Die Basisschaltung ist im Aufbau die am wenigsten kritische.

In der angegebenen Schaltung für einen 3stufigen UKW-ZF-Verstärker in Basisschaltung ist das erste 10,7-MHz-Bandfilter noch im Tuner angeordnet.

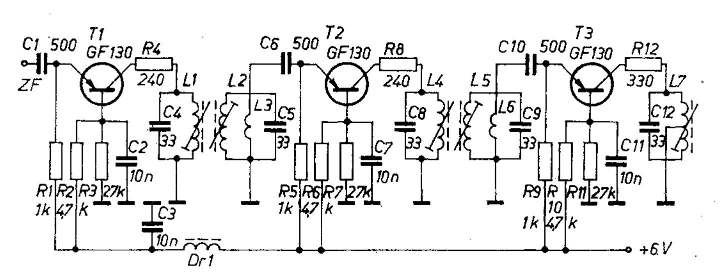


Bild 6.31. 3stufiger ZF-Verstärker in Basisschaltung (entnommen aus *Der junge Funker*, Nr. 16)

Der Basisspannungsteiler R2, R3 besorgt die Arbeitspunkteinstellung, und mit R1 wird gleichzeitig eine Stabilisierung des Arbeitspunktes gegen thermische Einflüsse erreicht. Widerstand R4 soll den Einfluß der Kollektorkapazität – zur Vermeidung des sogenannten Spannungssprungs – auf den Schwingkreis verhindern. Die nächsten Stufen sind gleichartig aufgebaut. Der 3. Transistor arbeitet als Treiber für den Ratiodetektor.

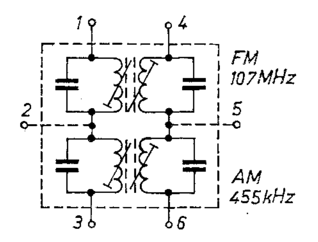


Bild 6.32.
AM/FM-Bandfilterkombination
(FM 10,7 MHz an Stelle von 107 MHz)

Die Schwingkreise der AM/FM-Bandfilterkombination sind in Reihe geschaltet.

Anschluß 1 liegt an der Anode der vorhergehenden Röhre, über Anschluß 3 wird die Anodenspannung zugeführt. Anschluß 4 befindet sich am Gitter der nachfolgenden ZF-Röhre und Anschluß 6 an Masse. Anschlüsse 2 und 5 sind dann erforderlich, wenn die Filter umgeschaltet werden sollen. Auf eine Umschaltung kann aber verzichtet werden, da AM- und FM-Frequenz sehr weit auseinanderliegen.

6.5. Demodulatorstufe (HF-Gleichrichterstufe)

Diese Stufe dient der Rückgewinnung des durch einen modulierten Hochfrequenzträger entstehenden Nachrichteninhalts. Aus der am Arbeitswiderstand entstehenden Mischspannung (Gleichspannung und niederfrequente Wechselspannung) wird nur die niederfrequente Wechselspannung nach Abtrennung des Gleichspannungsanteils zur Steuerung der Niederfrequenzstufe benutzt.

Der Demodulationseffekt kommt durch die Ventilwirkung einer Röhren-Diodenstrecke oder einer Halbleiterdiode zustande.

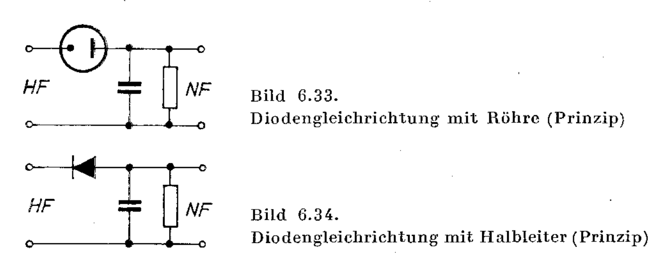


Bild 6.33.
Diodengleichrichtung mit Röhre (Prinzip)

Bild 6.34.
Diodengleichrichtung mit Halbleiter (Prinzip)

Im Überlagerungsempfänger ist – im AM-Betrieb – der *Diodengleichrichter* bzw. – im FM-Betrieb – der *Verhältnisgleichrichter* (*Ratiodetektor*) gebräuchlich. In einfachen Geräten wird die *Gittergleichrichtung* (*Audion*) angewendet. Bei jungen Amateuren ist diese Schaltung gelegentlich noch anzutreffen.

6.5.1. Diodengleichrichter

Der Vorteil des Diodengleichrichters besteht darin, daß auch bei großen Hochfrequenzspannungen eine fast verzerrungsfreie Demodu-

lation erfolgt. Der Aufbau geschieht meist in Reihenschaltung, weil dadurch im Verhältnis zur Parallelschaltung der Diodenkreis weniger bedämpft wird.

Am Arbeitswiderstand R, über den nur während der positiven Halbwelle ein Strom fließt, sind Niederfrequenzspannung und restliche Hochfrequenzspannung vorhanden. Erstere wird über C ausgekoppelt und gleichstromfrei der Niederfrequenzverstärkerstufe zugeführt.

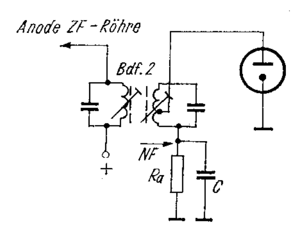


Bild 6.35.
Demodulation mit Diodenröhre (Reihenschaltung)

Die Diode ist an eine Anzapfung der Schwingkreisspule angeschlossen.

Zur Demodulation kann man sowohl eine Halbleiterdiode als auch einen Transistor benutzen. Halbleiterdioden setzen beim Gleichrichten stärkere Signale voraus.

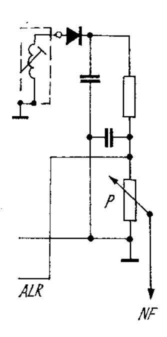


Bild 6.36.
Demodulation mit Halbleiter (Reihenschaltung)

Eine transistorisierte Schaltung ist in Bild 6.37. wiedergegeben. Die Gleichrichterstufe ist mit dem Niederfrequenzverstärker transformatorgekoppelt.

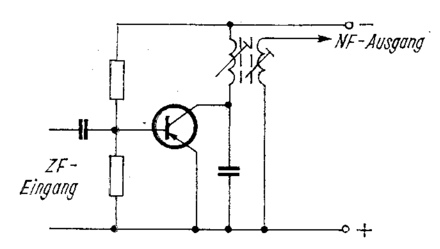


Bild 6.37.
Demodulation mit Transistor

6.5.2. Verhältnisgleichrichter (Ratiodetektor)

Das Kennzeichen dieses in den meisten FM-Schaltungen anzutreffenden Demodulators sind zwei entgegengesetzt gepolte Diodenstrecken. Die für die FM-Demodulation angewendete Methode besteht darin, daß die frequenzmodulierten Schwingungen in amplitudenmodulierte umgewandelt und dann gleichgerichtet werden. Für die Modulationsumwandlung ist das letzte Zwischenfrequenzbandfilter vorgesehen.

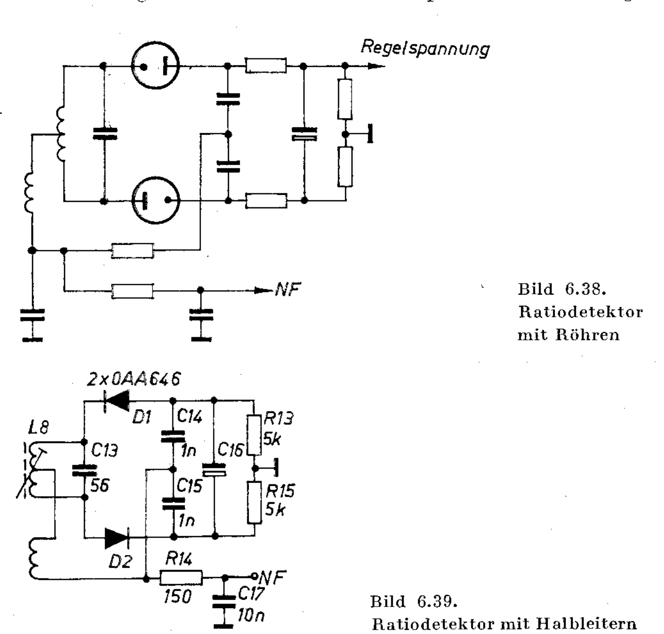


Bild 6.38.
Ratiodetektor mit Röhren

Bild 6.39.
Ratiodetektor mit Halbleitern

Die aus dieser Umwandlung hervorgegangenen Wechselspannungen werden in den symmetrisch zueinander angeordneten Dioden (Röhrendioden oder Halbleiterdioden) gleichgerichtet. Die Niederfrequenzspannung entsteht zwischen den beiden in Reihe geschalteten Kondensatoren.

Die Ratiodetektorschaltung hat den Vorzug, daß eine selbsttätige Störbegrenzung stattfindet und eine Begrenzerstufe entfallen kann.

6.5.3. Gittergleichrichter (Audion)

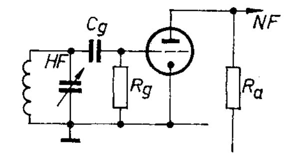


Bild 6.40. Gittergleichrichtung (Audion)

Kennzeichen dieser Schaltung sind der Gitterwiderstand R_g und der Gitterkondensator C_g. Die am Gitterkreis auftretende modulierte Hochfrequenzspannung wird über C dem über R_g an Katode liegenden Röhrengitter zugeführt. An der Strecke Gitter/Katode wird durch Ventilwirkung der Diode der Gleichrichtereffekt hervorgerufen. Am Widerstand R_a ist dann die Niederfrequenz verfügbar. In der Röhre wird sie verstärkt und am Außenwiderstand R_a abgenommen. Das Audion erreicht seine volle Leistungsfähigkeit, wenn der Gitterkreis weitestgehend entdämpft wird; dies geschieht mit der Rückkopplung. Gelegentlich wird das Rückkopplungsaudion, speziell die ECO-Schaltung, von Anfängern unter den Kurzwellenamateuren verwendet.

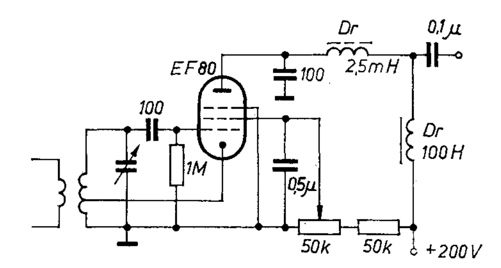


Bild 6.41.
ECO – Audion mit Pentode

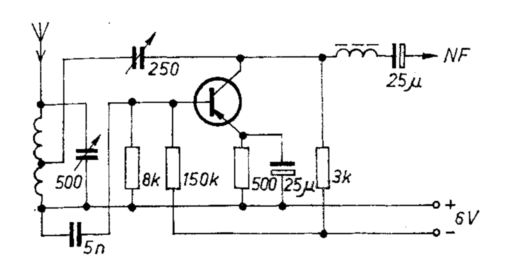


Bild 6.42. Transistoraudion mit Rückkopplung

6.6. Abstimmanzeige

Da die Regelspannung in direkter Beziehung zur Amplitude des Eingangssignals steht, kann diese Spannung zur Abstimmanzeige herangezogen werden. Als Indikator dient eine Abstimmanzeigeröhre, z. B. der „Magische Balken".

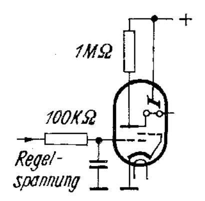


Bild 6.43. Abstimmanzeigeröhre (Betriebsschaltung)

Wird das Gitter stark negativ – das ist bei großer Feldstärke der Fall –, so sinkt der Anodenstrom ab. Am Außenwiderstand (Anodenwiderstand) entsteht dann ein geringer Spannungsabfall, und, da das Spannungsgefälle zwischen Leuchtschirm und Steuersteg klein ist, wird der Elektronenstrahl nur geringfügig oder überhaupt nicht abgelenkt. Bei positivem Gitter steigt der Anodenstrom. Somit ergibt sich ein größerer Spannungsabfall. Zwischen Schirm und Steg herrscht ein großes Spannungsgefälle. Das hat eine mehr oder weniger große Ablenkung des Strahles zur Folge. Die größte Leuchtfläche (geringster Balkenabstand, größter Leuchtsektor) ergibt sich, wenn der Empfänger genau auf die Trägerwelle des Senders abgestimmt ist. Im übrigen ist die Abstimmanzeige ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für die „stumme Abstimmung".

6.7. NF-Verstärkerstufe

In hochwertigen Geräten ist dieser Verstärker zweistufig aufgebaut, wobei man aus wirtschaftlichen Gründen vorwiegend Verbundröhren (z. B. *ECL 82)* verwendet.

6.7.1. NF-Vorverstärker

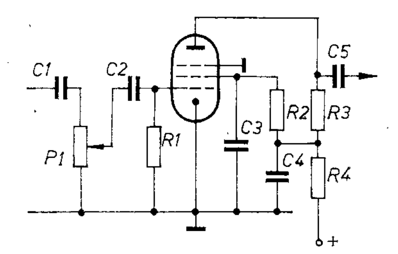


Bild 6.44.
NF-Vorverstärker
(Röhrenschaltung)

Diese Vorstufe ist erforderlich, wenn eine Leistungsstufe mit starker Endröhre (z. B. *EL 84)* ausgesteuert werden soll. In Amateurempfängern kann man auf die NF-Vorstufe verzichten, wenn mit dem Kopfhörer empfangen wird. Die NF-Vorverstärkerstufe hat die Aufgabe, die aus der Demodulation hervorgegangene niederfrequente Wechselspannung (Tonfrequenzspannung) zu verstärken. Als Röhren kommen je nach dem Gitterwechselspannungsbedarf Trioden oder Pentoden in Betracht. Sie arbeiten als Spannungsverstärker.

Die niederfrequente Spannung gelangt über den Kopplungskondensator C1, den Lautstärkeregler P1 und den Gitterkondensator C2 an das Gitter der Röhre. Die verstärkte Spannung wird dann am Anodenwiderstand R3 abgenommen und über den Kopplungskondensator C5 dem Steuergitter der Endröhre zugeführt. R2 ist der Schirmgittervorwiderstand, C4 und R4 sind die Komponenten eines Siebgliedes, das die Aufgabe hat, Rückwirkungen auf die Endstufe zu vermeiden.

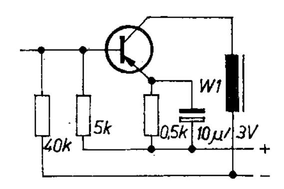


Bild 6.45.
NF-Vorverstärker (Transistorschaltung)

In der Schaltung für einen NF-Vorverstärker mit Transistor ist dieser gleichstrommäßig durch den Emitterwiderstand von 0,5 kΩ und den niederohmigen Basisspannungsteiler stabilisiert.

6.7.2. NF-Endverstärker

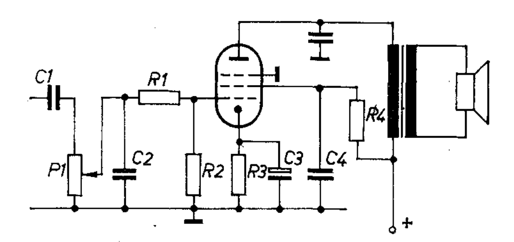


Bild 6.46.
NF-Endverstärker
(Eintaktschaltung)

Die Röhre der Endstufe ist normalerweise eine Pentode hoher Leistung. Sie arbeitet als Leistungsverstärker. Die abgegebene Leistung, die „Sprechleistung", soll im gewünschten Frequenzbereich mit möglichst geringen Verzerrungen, d. h. mit kleinstem Klirrfaktor an den Lautsprecher oder Kopfhörer abgegeben werden. Der Klirrfaktor ist das Maß für den Oberwellengehalt einer Wechselspannung. Er gibt in Prozenten an, wie groß der Effektivwert aller Oberwellenspannungen ist, bezogen auf den Effektivwert der Gesamtspannung. Grundwelle und Oberwellen werden addiert.

Die Gittervorspannung wird durch die Kombination R3, C3 automatisch erzeugt. Der Widerstand R4 ist ein Schutzwiderstand (etwa 2000 Ω), der bei Überlastung des Schirmgitters durch Überspannung durchbrennt und den Stromkreis unterbricht. Auch verhindert dieser Widerstand das Auftreten von UKW-Schwingungen. Der Arbeitswiderstand der Röhre wird von einem Ausgangsübertrager gebildet. Durch Widerstandstransformation paßt dieser den niederohmigen Schwingspulen-Widerstand des dynamischen Lautsprechers dem Röhrenaußenwiderstand an.

Eintaktendstufen haben einen relativ geringen Wirkungsgrad, weil man, um die „nichtlinearen Verzerrungen" gering zu halten, die Röhre nicht voll aussteuern kann. Weitaus günstiger sind *Gegentaktschaltungen*. Das Prinzip zeigt Bild 6.47. Eine sehr hochwertige Spezialschaltung ist die *Ultralinearendstufe* (Bild 6.48.). Charakteristisch ist, daß die Schirmgitteranschlüsse an Abgriffen der Ausgangstransformator-Primärwicklung liegen. Durch diese „Schirmgitter-Gegenkopplung" werden die Verzerrungen auf ein Mindestmaß

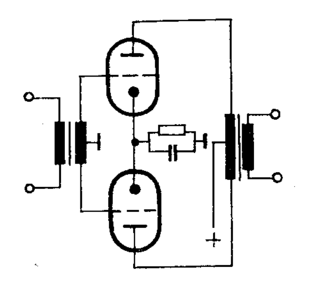


Bild 6.47. Gegentakt-Endverstärker (Prinzip)

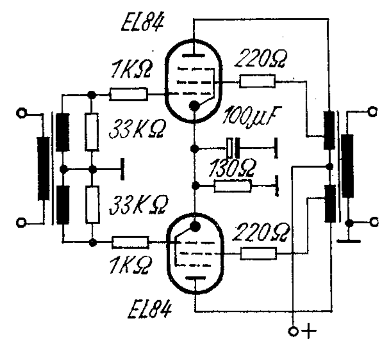


Bild 6.48. Ultralinear-Endverstärker

herabgesetzt. Die *eisenlose Endstufe* arbeitet ohne Transformatoren. Da Transformatoren mit Eisenkern nicht verzerrungsfrei arbeiten, erweisen sich eisenlose Endstufen als überlegen.

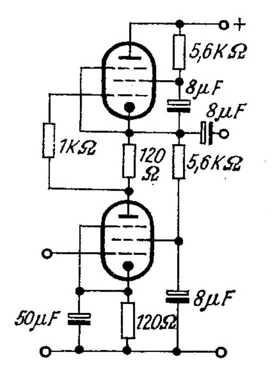


Bild 6.49. Eisenloser Endverstärker

Gleichstrommäßig liegen beide Röhren in Reihe, wechselstrommäßig parallel. Da ein Außenwiderstand von mehreren hundert Ohm erreicht

wird, muß die Schwingspule des dynamischen Lautsprechers entsprechend dimensioniert sein.

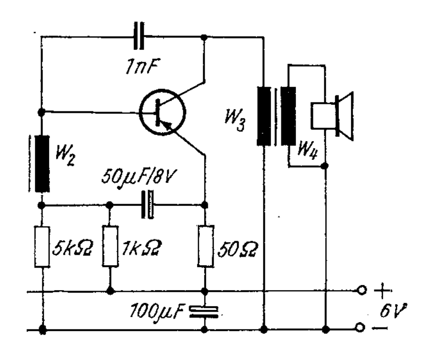


Bild 6.50. NF-Endverstärker (Eintaktschaltung)

Mit dem Treibertransformator (nur Sekundärwicklung W2 gezeichnet) wird eine günstige Anpassung der Niederfrequenzvorstufe (*Treiberstufe*) an den Eingang der im A-Betrieb arbeitenden Endstufe erzielt. Derartige Endstufen haben den Nachteil, daß die Batterie schon ohne Eingangssignal belastet wird.

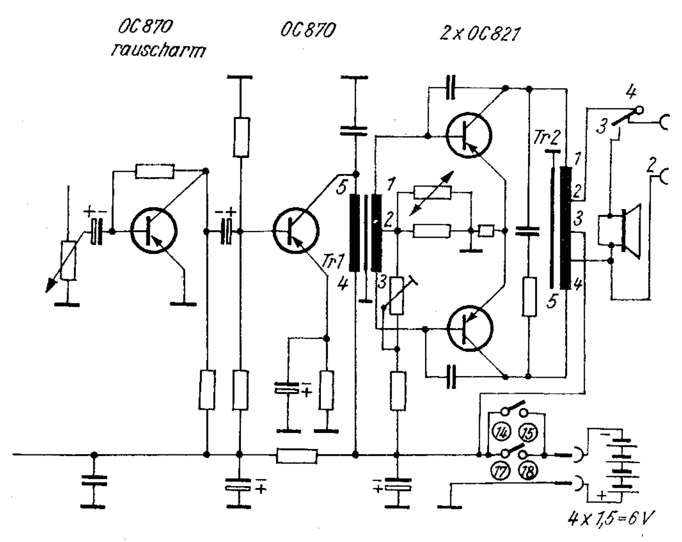


Bild 6.51. NF-Verstärker mit Gegentakt-Endstufe

Die 400-mW-Gegentakt-Endstufe weist eine der Treiberstufe vorgeschaltete rauscharme Vorstufe auf.

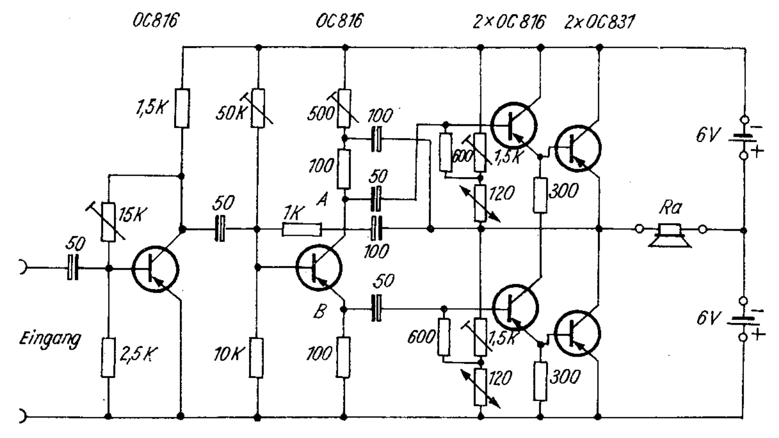


Bild 6.52. NF-Verstärker mit eisenloser Endstufe

Im Transistorempfänger hat die eisenlose Endstufe (Bild 6.52.) die gleichen Vorzüge wie in der Röhrenschaltung. In der ersten Stufe wird die Niederfrequenz vorverstärkt und über eine Phasenumkehrstufe der in Gegentakt geschalteten Treiberstufe zugeführt. Diese steuert die Gegentakt-A-Endstufe aus (2 bis 2,5 W Ausgangsleistung).

7. Schaltpläne für vollständige Empfangsgeräte

7.1. Geradeausempfänger

Das Kennzeichen dieses Empfängertyps ist, daß die dem Antennenkreis zugeführte modulierte Hochfrequenzspannung in ihrer Frequenz unverändert dem Hochfrequenzgleichrichter zugeleitet wird.

Leistungsmäßig ist der Geradeausempfänger zwar nicht mit dem Super vergleichbar, jedoch geeignet, dem im Bau eines Empfangsgerätes noch ungeübten oder wenig erfahrenen Anfänger eine Qualifizierung zu ermöglichen. Mit der Konstruktion eines einfachen Empfängers eignet sich der Newcomer eine gewisse Routine an; er schafft sich die Grundlage für spätere „große Pläne".

7.1.1. Einkreis-Audionempfänger mit kapazitiver Rückkopplungsregelung

Als „Demonstrationsschaltung" wurde ein *rückgekoppeltes Audion mit zwei Niederfrequenzverstärkerstufen* (0-V-2) gewählt. Das mit E-Röhren bestückte Gerät ist für Kurz-, Mittel- und Langwellenempfang eingerichtet.

Die Rückkopplung regelt man mit dem Differentialdrehkondensator C3. Für die niederfrequente Lautstärkeregelung ist das Potentiometer P1 und für die Klangregelung das Potentiometer P2 vorgesehen.

Die in der Audionröhre Rö1 gleichgerichtete Spannung wird über das Filter, das etwaige hochfrequente Reststörspannungen unterdrückt, den Kopplungskondensator C9, den Lautstärkeregler P1 und den Gitterkondensator C10 dem Steuergitter der Niederfrequenz-Vorverstärkerröhre Rö2 zugeführt. Am Außenwiderstand R6 wird die verstärkte Spannung abgenommen und über den Kopplungskondensator C12 auf das Steuergitter der Endröhre Rö3 gegeben. Diese arbeitet als Leistungsverstärker und speist über einen Ausgangsübertrager den Lautsprecher.

Die Betriebsgleichspannung liefert ein Einweggleichrichter. Der

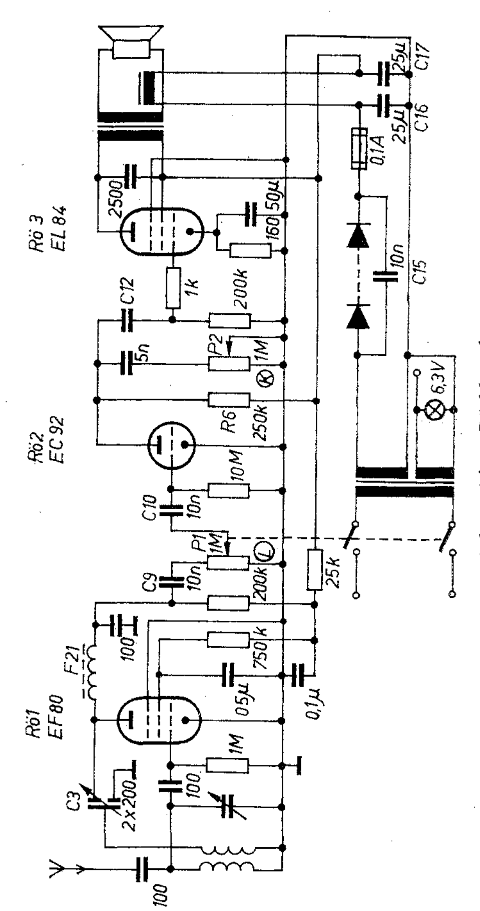


Bild 7.1. Einkreis-Audionempfänger mit kapazitiver Rückkopplung

dem Selen- oder Kristallgleichrichter parallel geschaltete Kondensator C15 dient zur Unterdrückung des „abstimmbaren Brumm“. Die Erregerspule des elektrodynamischen Lautsprechers bildet mit den Elektrolytkondensatoren C16 und C17 das Siebglied.

7.1.2. Detektorempfänger mit Halbleiterdiode und 2stufigem Transistor-NF-Verstärker

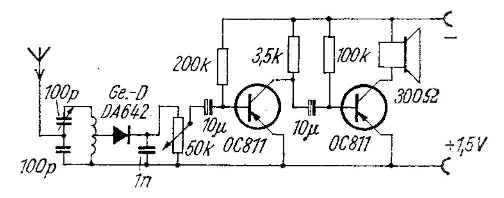


Bild 7.2. Detektorempfänger mit Halbleiterdiode und 2stufigem Transistorverstärker

Die Schaltung ist für den Anfänger als „Lehrobjekt“ gut geeignet. Sie arbeitet mit einer Ge-Diode als Demodulator. Für Kopfhörerempfang wird eine Transistor-NF-Stufe, für Lautsprecherempfang werden 2 Stufen nachgeschaltet. Mit diesem Empfänger können nur Stationen empfangen werden, die mit großer Feldstärke einfallen. Eine Hochantenne ist erforderlich.

7.1.3. Rückkopplungsaudion in Emitterschaltung (1-V-1)

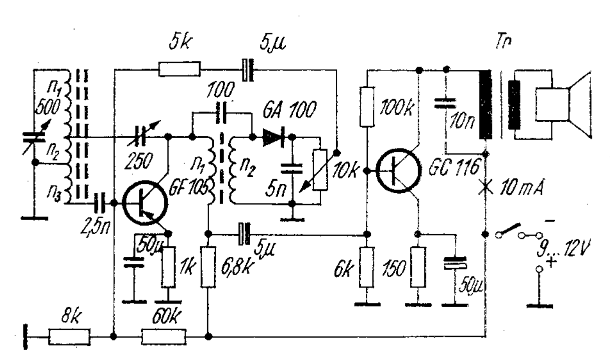


Bild 7.3. Rückkopplungsaudion mit NF-Verstärker (1-V-1) in Emitterschaltung

Die auch für KW-Empfang gut geeignete Schaltung arbeitet mit einer Germaniumdiode als Demodulator; ihm ist eine HF-Stufe vorgeschaltet. Die Rückkopplung wird mit dem 250-pF-Drehkondensator geregelt. Die dem Demodulator nachgeschaltete NF-Stufe gestattet, einen kleinen Lautsprecher zu betreiben. Die Antenne ist eine Ferritantenne.

7.2. Überlagerungsempfänger (Super)

Das Überlagerungsprinzip ist dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangsfrequenzen durch Überlagerung mit der im Empfänger erzeugten (mitlaufenden) Oszillatorfrequenz in eine konstante Frequenz, die Zwischenfrequenz, umgesetzt werden. Zu den im Geradeausempfänger vorhandenen Stufen kommen also beim Super die Mischstufe und die Zwischenfrequenzverstärkerstufe(n) hinzu.

7.2.1. 4-Röhren-8-Kreis-AM-Super (Amateurempfänger)

Das übersichtliche Schaltbild ist als Übungsbeispiel für das Schaltplanlesen gut geeignet. Das Gerät ist ein 4-Röhren-8-Kreis-AM-Kurzwellensuper für Telefonie- und Telegrafieempfang. Es besteht aus einer abstimmbaren Hochfrequenzvorstufe, der Mischstufe und dem Oszillator, einem 2stufigen Zwischenfrequenzverstärker, dem Demodulator, dem Telegrafieüberlagerer und dem NF-Endverstärker.
Bemerkenswert ist der Anschluß des Gitters der Hochfrequenzvorröhre an einer Anzapfung des Schwingkreises. Wegen der geringeren Bedämpfung des Eingangskreises ist diese Maßnahme zu empfehlen.

Der kleine Kondensator zwischen Steuergitter und Anode der Röhre 3 (Zwischenfrequenzverstärker- und Demodulatorröhre) bewirkt eine Rückkopplung, die eine Bandbreiteverringerung und damit eine Trennschärfeerhöhung bedingt.

Um A1-Signale (Telegrafie tonlos; nichtmodulierter Träger, der im Rhythmus der Morsezeichen ausgestrahlt wird) hörbar zu machen, ist ein Telegrafieüberlagerer erforderlich. In unserer Schaltung ist hierfür das zweite System der Doppeltriode (Rö4) mit dem zugehörigen Schwingkreis vorgesehen. Das Gitter dieser Röhre liegt über einer kleinen Kapazität an der Demodulator-Diode (Rö3). Beim Empfang modulierter Signale wird der Überlagerer abgeschaltet.

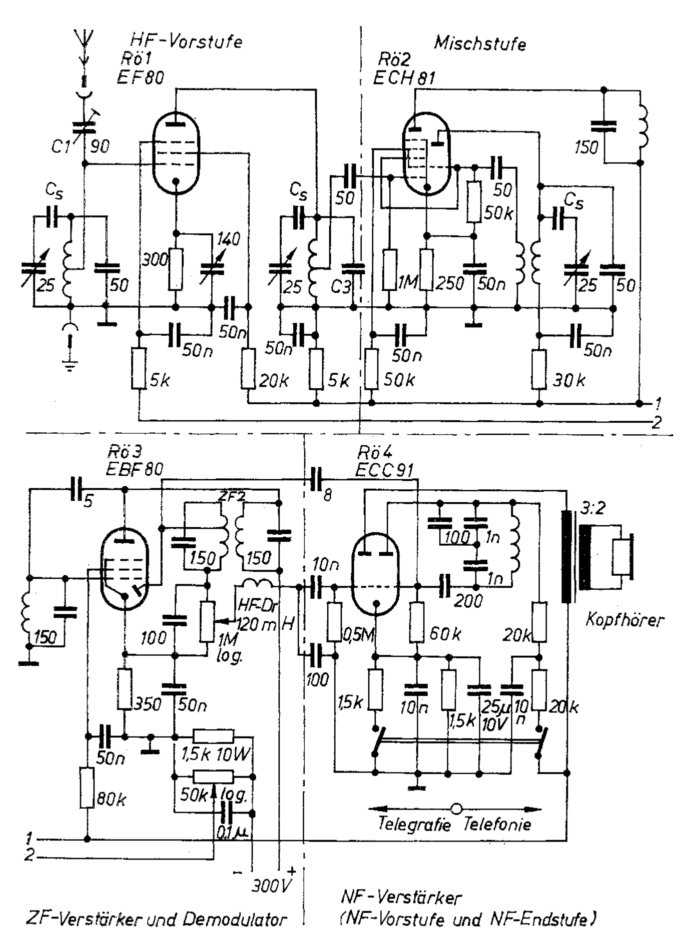


Bild 7.4. 4-Röhren-8-Kreis-AM-Super für den Amateurbetrieb (entnommen aus *Amateurfunk*, 4. Auflage)

Der Prinzipschaltplan demonstriert die Arbeitsweise eines AM/FM-Supers.

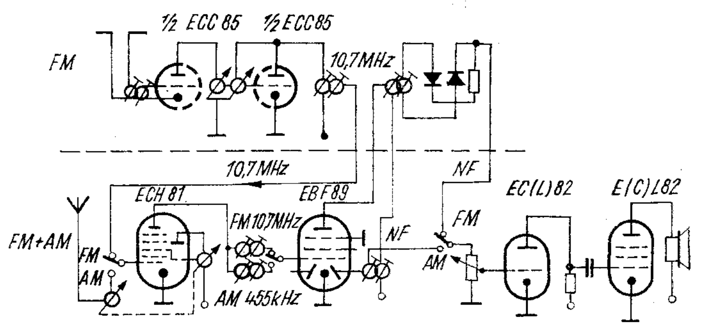


Bild 7.5. Prinzipschaltplan für einen AM/FM-Super

7.2.2. AM/FM-Mittelsuper „Intimo"

Dieser Empfänger (Bild 7.6.) arbeitet im AM-Bereich mit 6, im FM-Bereich mit 10 Kreisen. Im ersteren Fall sind 2 Kreise kapazitiv, bei FM 2 Kreise induktiv abstimmbar. Der UKW-Empfangsteil ist organisch in die übliche Superschaltung eingegliedert. Einige Baustufen, Röhren und Bauelemente haben in der kombinierten Schaltung entweder gleiche Aufgaben zu erfüllen, oder sie sind sowohl im AM- als auch im FM-Betrieb wirksam.

Im Tuner, der UKW-Eingangsstufe, wird das Eingangssignal verstärkt und mit der selbsterzeugten Oszillatorspannung überlagert. Das Produkt aus der additiven Mischung ist die Zwischenfrequenz. Sie entsteht an der Anode der Mischröhre (zweites System der Doppeltriode) und liegt am Anodenkreis des ersten Zwischenfrequenzbandfilters. Von dessen Sekundärseite wird die Zwischenfrequenzspannung dem Eingang des Zwischenfrequenzverstärkers zugeführt. Zur Verstärkung werden das Heptodensystem der Röhre *ECH 81* und das Pentodensystem der Röhre *EBF 89* herangezogen. Beide Röhren arbeiten sowohl bei AM als auch bei FM als Verstärker. Die FM-Demodulatorstufe ist unsymmetrisch aufgebaut. Die Hochfrequenzgleichrichtung erfolgt in den Halbleiterdioden D1 und D2. Zwischen dem Kondensatormittelpunkt (C54, C55) steht die Niederfrequenz zur Verfügung. Eine negative Regelspannung für die Aussteuerung der Abstimmanzeigeröhre wird an R29 erzeugt. Die Niederfrequenzstufe bietet keine Besonderheiten.

7.2.3. AM-Kleinsuper

In dieser Schaltung wird, wie bei Kleinempfängern üblich, eine Ferritantenne verwendet. Die auf dem Ferritstab aufgebrachte Vorkreisspule ist zum Zwecke der Anpassung an den Transistor mit einem Abgriff versehen. Verwendet ist eine selbstschwingende Mischstufe. Der Zwischenfrequenzverstärker ist zweistufig; die erste Stufe wird geregelt. Zur Hochfrequenzgleichrichtung dient eine Halbleiter-

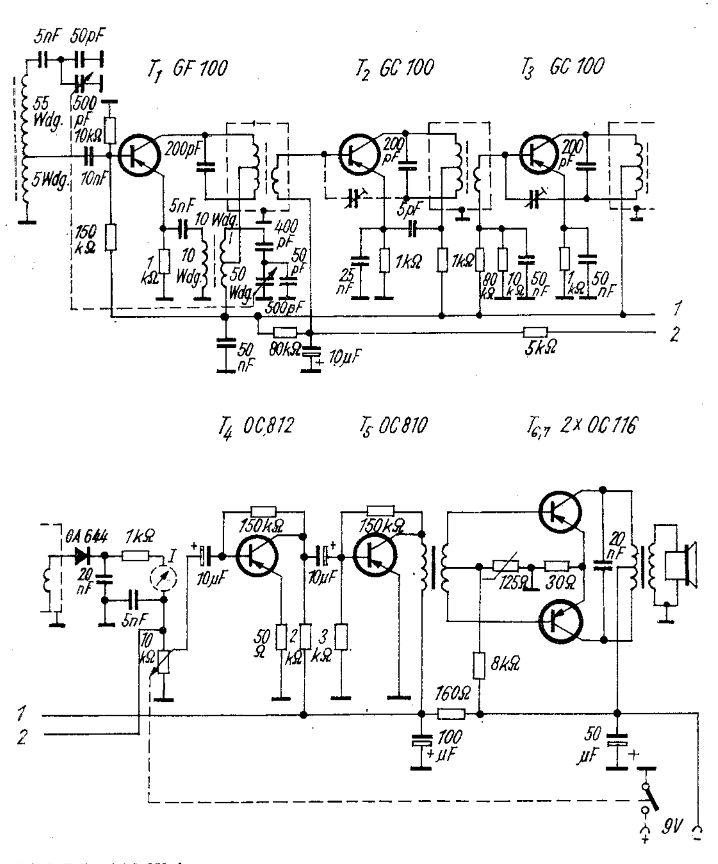


Bild 7.7. AM-Kleinsuper

diode. Die Niederfrequenzspannung wird über das Potentiometer auf den Niederfrequenzverstärker gegeben. Der Endverstärker ist eine Gegentakt-B-Endstufe.

7.2.4. AM/FM-Super „Prominent“

In der Schaltung (Bild 7.8.) sind nahezu alle besprochenen Schaltzeichen und auch einige Schaltungskomplexe vorzufinden. Es empfiehlt sich, diese Schaltung eingehend zu studieren!

Im FM-Empfangsteil (Tuner) sind Zwischen- und Oszillatorkreis kapazitiv abgestimmt (C 107/117). Die selbstschwingende Mischstufe (T 102) setzt die Eingangsfrequenz in die Zwischenfrequenz um; sie wird über das zweikreisige Bandfilter L 103/104 ausgekoppelt. Mit der Kapazitätsdiode D 102 wird eine automatische Frequenznachstimmung (AFC) bewirkt.

Im AM-Empfangsteil sind die Vorkreisspulen der Bereiche L, M und K (49-m-Band) sowie die Antennenkreis-, Mittelwellen- und Kurzwellen-Basis-Ankopplungsspulen auf einem Ferritstab (Ferritantenne) angeordnet. Der Transistor T1 der selbstschwingenden Mischstufe arbeitet in Emitterschaltung als Mischer, in Basisschaltung als Oszillator (Meißnerschaltung). Der ZF-Verstärker ist 2stufig (für FM 3stufig). Der Demodulator ist als Diodengleichrichter ausgeführt (Ge-Diode D 204). Als FM-Demodulator arbeitet der Ratiodetektor D 202 und D 203. Der NF-Verstärker ist 3stufig; er enthält 4 Transistoren. Auf die Vorstufe in Emitterschaltung (T 401) folgt der Treiber (T 402). Die Endstufe ist als Gegentakt-B-Verstärker (T 403, T 404) geschaltet. Der an der Parallelschaltung des Heißleiters R 410 und des Einstellreglers R 409 durch den Kollektorstrom der Treiberstufe hervorgerufene Spannungsabfall bildet die Basisvorspannung der Endstufentransistoren. Mit R 409 wird ein definierter Endstufenruhestrom eingestellt; er wird durch R 410 stabilisiert.

2., bearbeitete Auflage, 11.–20. Tausend
Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) – Berlin, 1974
Cheflektorat Militärliteratur
Lizenz-Nr. 5 · LSV-Nr.: 3539
Lektor: Hans-Joachim Mönig
Zeichnungen: Kaufmann/Malchow
Typografie: Dieter Lebek · Hersteller: Dieter Kahnert
Korrektor: Ilka Krienitz
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: IV-14-48 Druckerei Volksstimme Magdeburg
Bestellnummer: 7452573
1,90

